

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202192705** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.02.07

(51) Int. Cl. **G06T 7/70** (2017.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.04.03

(54) СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ

(31) 62/828,638

(32) 2019.04.03

(33) US

(86) PCT/EP2020/059643

(87) WO 2020/201544 2020.10.08

(71) Заявитель:

ИНТЕРСЕКТ ИЭнТи

ИНТЕРНЭШНЛ ГМБХ (DE)

(72) Изобретатель:

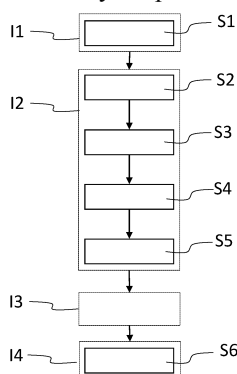
Муха Дирк, Дезингер Кай (DE),

Норман Николас (US)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретение относится к способу регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения, способ содержит этапы, на которых захватывают изображение поверхности объекта с помощью блока датчика изображения, содержащего по меньшей мере один датчик движения и/или по меньшей мере один датчик местоположения, определяют местоположение захвата блока датчика изображения в системе координат системы определения местоположения путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных упомянутым датчиком движения, и/или сигналов местоположения, обеспеченными упомянутым датчиком местоположения, фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности объекта из захваченного изображения и преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения.



A1

202192705

202192705

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-571370ЕА/018

СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к способу регистрации и установке регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Хороши известны системы определения местоположения, например, в области медицины, поддерживающие навигацию инструментов, например, хирургических инструментов. Такие системы определения местоположения могут быть оптическими, ультразвуковыми или электромагнитными системами определения местоположения, и служат они для определения местоположения и ориентации датчика местоположения относительно систем определения местоположения.

Например, известны электромагнитные системы определения местоположения, в которых генератор поля генерирует переменное электромагнитное поле, и предусмотрены датчики местоположения, содержащие катушки. Ток, индуцируемый в катушках переменным электромагнитным полем, зависит от ориентации соответствующей катушки относительно переменного электромагнитного поля. Если подвижный инструмент оснащен такими датчиками местоположения, например, в виде сенсорных катушек, можно определить место и положение инструмента относительно опорного датчика, который, например, может также содержать катушки. Такой опорный датчик предпочтительно жестко связан с частью тела пациента (или другим объектом).

Для поддержки хирурга в навигации хирургического инструмента в теле пациента местоположение хирургического инструмента, имеющего датчики местоположения, как правило определяется посредством такой системы определения местоположения, и местоположение инструмента отображается на томографических снимках части тела, полученных с помощью томографии.

Чтобы это работало, значения местоположения, предоставленные датчиком местоположения инструмента, должны быть преобразованы в координаты томографического изображения пациента. В качестве примера, известна практика генерации топографического изображения поверхности части тела по томографическому изображению пациента для корреляции точек на поверхности топографического изображения (также называемого ниже модельной поверхностью) с теми точками на поверхности реальной части тела, с которыми, соответственно, контактирует указательный или считывающий прибор. Таким образом, рецепт преобразования для преобразования значений местоположения, обнаруженных посредством системы определения местоположения, в координаты точек модели может быть получен в рамках способа регистрации. С этой целью на реальной поверхности части тела считывается множество точек, и соответствующие значения местоположения, представляющие собой

точки на реальной поверхности, коррелируются с точками на модельной поверхности, сохраняя при этом их относительное положение друг относительно друга таким образом, чтобы это приводило к минимально возможной ошибке. Здесь появляется рецепт преобразования, указывающий, как обнаруженные значения местоположения должны быть преобразованы в координаты топографического изображения, также называемого здесь топографической моделью, и, следовательно, также в координаты томографического изображения или модели.

Регистрацией пациента называется установление функции преобразования для приведения данных местоположения, обнаруженных во время операции, в соответствие с информацией о местоположении в данных изображения, полученных перед операцией, например, с помощью томографии. В качестве примера, для регистрации пациента, как описано выше, обнаруживается модель пациента и устанавливается функция преобразования, которая в рамках способа регистрации приводит данные обнаруженных местоположений и полученной на их основе модели пациента в соответствие с информацией о местоположении, относящейся к данным изображения, полученным перед операцией.

В целях определения функции преобразования, так называемой регистрации, в соответствующей системе координат устанавливаются одинаковые геометрические объекты в модели и в данных изображения (например, полученных с помощью томографии). Эти две системы координат затем коррелируются с помощью этих объектов. Широко распространена регистрация поверхности с помощью указательного прибора. Здесь поверхность кожи пациента служит соответствующим объектом. Поверхность кожи считывается посредством указательного прибора во время операции и приводится в соответствие с поверхностью кожи, извлеченной из данных изображения.

Также были описаны нетактильные способы регистрации.

В нетактильном способе регистрации, описанном в US 9208561 B2, для регистрации данных изображения пациента в качестве опорного датчика используется блок датчика изображения (монофокальная камера или 3D-камера). Блок датчика изображения создает модель поверхности кожи, обнаруживает опорный датчик оптически и соотносит его местоположение с моделью поверхности кожи. Так как опорный датчик также отслеживается системой определения местоположения, может быть определено преобразование точек модели поверхности кожи из системы координат модели поверхности в систему координат системы определения местоположения, и с этим может быть вычислена регистрация к данным изображения пациента.

Другой нетактильный способ регистрации использует блок структурированного света или лазерного излучателя/приемника, который жестко совмещен с оптической системой определения местоположения. Оптические системы определения местоположения часто содержат блок излучателя/приемника света и датчики местоположения, выполненные с возможностью отражения света, излучаемого блоком излучателя/приемника света. Блок излучателя/приемника затем обнаруживает

отраженный свет, по которому могут быть получены местоположение и ориентация датчика местоположения. Таким образом, модель поверхности, генерируемая блоком структурированного света или лазерного излучателя/ приемника, известна в системе координат оптической системы определения местоположения.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задача изобретения состоит в обеспечении улучшенного способа нетактильной регистрации и улучшенной установки регистрации.

Что касается способа регистрации, эта задача решается с помощью способа регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения, в котором способ содержит этапы, на которых

- захватывают изображение поверхности объекта с помощью блока датчика изображения, содержащего по меньшей мере один датчик движения и/или по меньшей мере один датчик местоположения,
- определяют местоположение захвата блока датчика изображения путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных упомянутым датчиком движения, и/или сигналов местоположения, обеспеченными упомянутым датчиком местоположения,
- фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности объекта из захваченного изображения, и
- преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения.

В рамках этого патентного описания термин “местоположение захвата” относится к местоположению блока датчика изображения во время захвата изображения объекта. Например, термин “местоположение захвата” относится к местоположению входного зрачка камеры, которая является частью блока датчика изображения, во время захвата изображения.

Среди этих этапов не имеет значения последовательность этапов, на которых “захватывают изображение поверхности объекта с помощью блока датчика изображения”, “определяют местоположение захвата блока датчика изображения” и “фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности объекта из захваченного изображения”. Соответственно, можно сначала получить изображение поверхности объекта, и только после этого определить местоположение захвата блока датчика изображения. Можно даже определить местоположение захвата блока датчика изображения после генерации фотограмметрическим образом модели поверхности объекта. Однако, местоположение захвата блока датчика изображения необходимо для преобразования фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности в систему координат системы определения местоположения. Это объясняется более подробно ниже.

Изобретение включает в себя признание того, что нетактильные способы регистрации в целом имеют преимущество, заключающееся в том, что можно избежать проблем, появляющихся в случае известных способов регистрации посредством

указательного прибора, например, из-за мягкой кожи пациента, которая может деформироваться во время контакта с указательным прибором. Кроме того, так как оптическая генерация модели поверхности позволяет одновременно обнаруживать большую часть поверхности части тела или объекта, регистрация также может быть выполнена более быстро и в то же время более точно.

При захвате изображения поверхности предпочтительно располагать блок датчика изображения на достаточном расстоянии от поверхности объекта. Это, как правило, подразумевает, что электромагнитное поле электромагнитной системы определения местоположения слишком слабо в местоположении захвата блока датчика изображения, чтобы обеспечить определение местоположения блока датчика изображения посредством электромагнитной системы определения местоположения.

Общая концепция определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения может быть описана следующим образом:

Предпочтительно модель поверхности объекта фотограмметрическим образом генерируется блоком датчика изображения. Модель поверхности может быть представлена облаком точек, при этом координаты точек в облаке точек задаются в системе координат модели поверхности. Система координат модели поверхности является внутренней системой координат блока датчика изображения или, говоря более точно, камеры, содержащейся в блоке датчика изображения. Предпочтительно система координат модели поверхности задается таким образом, что ее начало находится в местоположении входного зрачка камеры блока датчика изображения.

Точки облака точек, представляющего собой поверхность объекта, имеют координаты как в системе координат модели поверхности, так и в системе координат системы определения местоположения.

Фотограмметрическим образом генерируя модель поверхности из захваченного изображения, первоначально координаты точек облака точек получаются в системе координат модели поверхности. Координаты, представляющие собой эти точки облака точек в системе координат системы определения местоположения, могут быть получены посредством преобразования.

Для выполнения таких преобразований может использоваться функция преобразования для преобразования соответствующих координат точек облака точек, заданного в системе координат модели поверхности, в координаты в системе координат системы определения местоположения. Функция преобразования может содержать или может быть представлена матрицей преобразования.

Для получения функции преобразования для преобразования координат системы координат блока датчика изображения в координаты системы координат систем определения местоположения необходимы местоположение и ориентация блока датчика изображения во время захвата изображения. Это связано с тем, что центр системы координат блока датчика изображения находится на блоке датчика изображения, в

частности, на входном зрачке блока датчика изображения.

Местоположение блока датчика изображения, т.е. местоположение захвата, в терминах координат системы определения местоположения может быть получено посредством датчика, например, датчика движения или датчика местоположения, расположенного на блоке датчика изображения. Как правило, такой датчик имеет смещение относительно входного зрачка блока датчика изображения. Таким образом, система координат блока датчика изображения с местоположением захвата в ее начале имеет смещение относительно системы координат датчика движения и/или датчика местоположения, в которой координата местоположения захвата задается нетривиальным вектором. Такое смещение (т.е. вектор) может быть определено посредством калибровки и может быть выражено в терминах координат системы координат блока датчика изображения или в терминах координат системы координат датчика, расположенного на блоке датчика изображения. Следовательно, посредством калибровки может быть определена координата местоположения захвата в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения. Затем система координат блока датчика изображения может быть “привязана” своим началом (которое является местоположением захвата в системе координат модели поверхности) к координате местоположения захвата в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения.

Таким образом, координаты в системе координат модели поверхности, представляющие собой точки облака точек модели поверхности, могут быть преобразованы через систему координат датчика движения или датчика местоположения в систему координат системы определения местоположения.

Ниже описываются предпочтительные варианты способа регистрации в соответствии с изобретением.

Если блок датчика изображения содержит датчик местоположения, параллельные переносы и вращения блока датчика изображения могут быть определены путем обнаружения местоположения и ориентации датчика местоположения. Таким образом, координаты местоположения захвата в системе координат датчика местоположения и его ориентация могут быть напрямую определены в системе координат системы определения местоположения. По ориентации системы координат датчика местоположения может быть определено вращение блока датчика изображения.

Если блок датчика изображения содержит только датчик движения (и не содержит датчик местоположения), параллельные переносы и вращения блока датчика изображения могут быть косвенно определены относительно системы определения местоположения. Один способ обеспечить косвенное определение местоположения и ориентацию блока датчика изображения состоит в том, чтобы переместить блок датчика изображения вдоль траектории из или в местоположение, координата которого известна в системе координат системы определения местоположения. Точки на траектории датчика движения могут быть скоррелированы с этим известным местоположением в системе координат системы определения местоположения. Таким образом, параллельные переносы и вращения блока

датчика изображения могут быть определены путем обнаружения местоположения и ориентации системы координат датчика движения относительно системы координат системы определения местоположения. Таким образом, могут быть определены местоположение и ориентация системы координат датчика движения относительно системы координат системы определения местоположения. Путем калибровки датчика движения к местоположению входного зрачка может быть определена координата местоположения захвата в системе координат датчика движения. Из нее может быть определена координата местоположения захвата в системе координат системы обнаружения.

Система координат датчика движения и/или датчика местоположения имеет фиксированное отношение к системе координат модели поверхности, поскольку относительное расстояние и ориентация между камерой блока датчика изображения и датчиком движения и/или датчиком местоположения, расположенным на блоке датчика изображения, остаются постоянными. Поэтому может быть определен калибровочный вектор, представляющий собой смещение между системой координат модели поверхности и системой координат датчика движения и/или датчика местоположения. Это может быть сделано путем калибровки камеры, например, местоположения входного зрачка камеры к датчику движения и/или датчику местоположения. Калибровка может включать в себя определение функций преобразования между системой координат модели поверхности и системой координат датчика движения или датчика местоположения. Таким образом, может быть определена соответствующая координата местоположения захвата в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения.

В частности, если блок датчика изображения расположен относительно близко к системе определения местоположения, местоположение захвата может быть определено путем использования датчика местоположения, прикрепленного к блоку датчика изображения, который может быть расположен с системой определения местоположения для локализации местоположения и ориентации блока датчика изображения. После калибровки датчика местоположения к местоположению входного зрачка блока датчика изображения координата определенного местоположения захвата в системе координат датчика местоположения может быть преобразована в систему координат системы определения местоположения. В этих вариантах осуществления местоположение и ориентация блока датчика изображения могут напрямую отслеживаться с помощью электромагнитной или оптической системы определения местоположения. Однако, использование только одного датчика местоположения для определения местоположения захвата блока датчика изображения не позволяет определять местоположение захвата там, где электромагнитное поле электромагнитной системы определения местоположения слишком слабо, т.е. вне рабочей области системы определения местоположения.

Соответственно, будет преимуществом, если в некоторых из этих вариантов осуществления, в которых блок датчика изображения содержит датчик местоположения, блок датчика изображения дополнительно будет содержать датчик движения. Если блок

датчика изображения содержит как датчик местоположения, так и датчик движения, то датчик местоположения может использоваться, например, для определения начального положения выбранной пользователем траектории, вдоль которой перемещается блок датчика изображения. Траектория, вдоль которой перемещается блок датчика изображения, затем может быть отслежена с помощью либо датчика местоположения, либо с помощью датчика движения, либо с помощью обоих датчиков.

Альтернативно или дополнительно, местоположение захвата также может быть определено путем использования датчика местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения, который локализуется с помощью блока датчика изображения. Такой опорный датчик местоположения может быть прикреплен к самому объекту или размещен на относительном расстоянии от объекта, так что при захвате изображения объекта опорный датчик местоположения виден на этом изображении вместе с объектом. Затем опорный датчик местоположения обеспечивает опорную точку на том изображении с координатой в системе координат системы определения местоположения, тем самым позволяя скоррелировать точки на модели поверхности с координатами в системе координат системы определения местоположения. Таким образом, координата любой точки модели поверхности может быть преобразована в соответствующую координату в системе координат системы определения местоположения. Этот подход может также можно комбинировать с вариантами осуществления способа регистрации, в котором блок датчика изображения содержит датчик местоположения и/или датчик движения.

Альтернативно или дополнительно, местоположение захвата также может быть определено путем фиксации блока датчика изображения в заранее заданном местоположении, например, заданном местоположении держателя блока датчика изображения, которое известно в системе координат системы определения местоположения. Заранее заданное местоположение также может быть задано путем крепления блока датчика изображения напрямую на генераторе поля электромагнитной системы определения местоположения. С блоком датчика изображения, зафиксированным в заранее заданном местоположении, координата которого известна в системе координат системы определения местоположения, может быть захвачено изображение. Местоположение захвата затем может быть откалибровано к заранее заданному местоположению, например, местоположению датчика местоположения, содержащегося в держателе. Затем может быть определена координата местоположения захвата в системе координат системы определения местоположения. Блок датчика изображения, который зафиксирован в заранее заданном местоположении, также может содержать датчик местоположения и/или сам датчик движения. Изображение также может быть захвачено таким образом, чтобы опорный датчик местоположения, прикрепленный к объекту или размещенный относительно него, был виден на захваченном изображении вместе с объектом.

В различных вариантах осуществления способа регистрации в соответствии с

изобретением и, в частности, также в таких вариантах осуществления регистрации, в которых блок датчика изображения содержит датчик местоположения, способ регистрации может содержать этап, на котором

- обеспечивают по меньшей мере один блок датчика изображения, содержащий по меньшей мере один датчик движения для обнаружения линейного ускорения и/или скорости вращения с течением времени независимо от системы определения местоположения.

В некоторых вариантах осуществления из этих различных вариантов осуществления, в которых блок датчика изображения содержит датчик движения, этап, на котором “определяют местоположение захвата блока датчика изображения”, содержит подэтапы, на которых

- перемещают блок датчика изображения вдоль пространственной траектории относительно системы определения местоположения,
- записывают упомянутую траекторию блока датчика изображения путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения,
- соотносят по меньшей мере одну точку упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения, и
- определяют местоположение захвата блока датчика изображения на основании определенной траектории и известного пространственного соотношения этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты.

Эти подэтапы относятся к определению местоположения блока датчика изображения при перемещении упомянутого блока датчика изображения относительно системы определения местоположения. Эти подэтапы могут выполняться до или после захвата изображения.

Траектория, вдоль которой перемещается блок датчика изображения, может быть выбрана пользователем, т.е. нет необходимости следовать некоторой предварительно определенной траектории.

Подэтапы, на которых связывают по меньшей мере одну точку упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения и определяют местоположение захвата блока датчика изображения, в котором захватывается изображение объекта, на основании определенной траектории и известного пространственного соотношения этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты, служат для определения местоположения и ориентации записанной траектории в системе координат системы определения местоположения. В частности, подэтап, на котором соотносят по меньшей мере одну точку упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения, работает независимо от того, было ли захвачено изображение. Таким образом, возможно, что траектория блока датчика изображения записывается без или до захвата изображения. Однако для определения местоположения захвата, в частности в системе координат системы определения

местоположения, требуется, чтобы была определена траектория, вдоль которой блок датчика изображения перемещался в или из местоположения захвата, и было известно пространственное соотношение по меньшей мере одной точки на определенной траектории и координаты в системе координат системы определения местоположения.

Соотнесение по меньшей мере одной точки упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения может быть достигнуто различным образом. Например, можно установить пространственное соотношение между одной точкой траектории и координатой системы координат путем перемещения блока датчика изображения вдоль траектории из или в известное местоположение в системе координат системы определения местоположения. Как только блок датчика изображения достигает местоположения с известными координатами в системе координат системы определения местоположения, устанавливается известное пространственное соотношение между координатой в системе координат системы определения местоположения и по меньшей мере одной точкой упомянутой определенной траектории. Будучи в известном местоположении датчик движения может быть обнулен.

Этап генерации фотограмметрическим образом модели поверхности объекта по меньшей мере из одного захваченного изображения требует только того, чтобы изображение было захвачено, и может выполняться в любое время после захвата изображения.

В различных вариантах осуществления, в которых блок датчика изображения содержит датчик движения, но также и в других вариантах способа регистрации, в которых блок датчика изображения содержит дополнительный датчик местоположения, этап, на котором “преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения”, содержит подэтапы, на которых

- соотносят по меньшей мере одну точку сгенерированной модели поверхности с координатой в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения посредством калибровки.

Для фотограмметрии, как правило, выбирается входной зрачок (также известный как нодальная точка) камеры в качестве опорной точки для фотограмметрической генерации модели поверхности. Входной зрачок блока датчика изображения имеет фиксированное относительное расстояние и ориентацию относительно датчика движения и/или датчика местоположения, содержащемуся в блоке датчика изображения. Это приводит к смещению между системой координат блока датчика изображения и системой координат датчика. Это смещение может быть определено посредством калибровки.

Местоположение захвата, например, местоположение входного зрачка, предпочтительно устанавливается в качестве начала системы координат блока датчика изображения. Путем определения смещения между блоком датчика изображения и датчиком местоположения или движения может быть определено местоположение захвата в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения.

Таким образом, точки сгенерированной модели поверхности, первоначально заданные координатами в системе координат блока датчика изображения, могут быть связаны с соответствующими координатами в системе координат датчика и, в свою очередь, с соответствующими координатами в системе координат системы определения местоположения.

Этот подэтап требует, чтобы модель поверхности была сгенерирована, и, таким образом, чтобы изображение было захвачено. Этот подэтап может выполняться в любое время после генерации модели поверхности.

Предпочтительно этот подэтап, на котором соотносят по меньшей мере одну точку сгенерированной модели поверхности с координатами в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения, отличается тем, что

- определяются функции преобразования для преобразований координат между системой координат датчика движения и/или датчика местоположения и системой координат блока датчика изображения посредством калибровки, и
- определяется координата местоположения захвата блока датчика изображения в системе координат датчика движения и/или местоположения, соответственно.

В результате получается координата местоположения захвата в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения. Поскольку местоположение и ориентация датчика движения и/или датчика местоположения и, таким образом, система координат датчика известны (или могут быть определены) относительно системы координат системы определения местоположения, могут быть определены также координаты местоположения захвата в системе координат системы определения местоположения. Путем использования функций преобразования координаты фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности в системе координат модели поверхности (блока датчика изображения) могут быть преобразованы в систему координат системы определения местоположения.

В частности, с помощью способа регистрации в соответствии с различными вариантами осуществления, в которых блок датчика изображения содержит датчик движения, могут быть преодолены ограничения существующих нетактильных способов регистрации. Например, нетактильный способ регистрации, описанный в US 9208561 B2, требует, чтобы датчик местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения был связан с блоком датчика изображения или содержался в блоке датчика изображения. С помощью датчика местоположения может быть напрямую определены местоположение и ориентации блока датчика изображения в системе координат системы определения местоположения.

Далее, изобретение включает в себя признание того факта, что такие существующие нетактильные способы регистрации, в которых блок датчика изображения связан или содержит датчик местоположения, работают только в том случае, если датчик местоположения действительно может быть надежно обнаружен системой определения местоположения. В результате применение таких нетактильных способов регистрации,

как правило, ограничено рабочей областью системы определения местоположения. Рабочая область системы определения местоположения является пространством, в котором, например, оптическое или электромагнитное поле системы определения местоположения имеет некоторую напряженность поля и является достаточно однородным для надежного определения местоположения и ориентации датчика местоположения. Однако, если блок датчика изображения, связанный или содержащий датчик местоположения, находится на таком расстоянии от системы определения местоположения, где в рабочей области оптическое или электромагнитное поле системы определения местоположения довольно слабо, или поле в рабочей области довольно неоднородно, текущие нетактильные способы регистрации, как ожидается, потеряют точность и не смогут больше применяться надежным образом.

В способе регистрации в соответствии с различными вариантами осуществления, в котором блок датчика изображения содержит по меньшей мере один датчик движения, не требуется, чтобы сам блок датчика изображения содержал или был связан с датчиком местоположения. С помощью датчика движения или, предпочтительно, системы датчиков движения, содержащей несколько датчиков движения, таких как инерциальные датчики, состоящих из акселерометров, или гироскопов, или также магнитометров, могут быть обнаружены линейное ускорение и скорость вращения движущегося тела. Датчик движения обеспечивает сигналы датчика движения, представляющие собой обнаруженное линейное ускорение и скорость вращения с течением времени. Сигналы датчика движения могут быть обработаны, например, интегрированы, например, блоком отслеживания, чтобы таким образом определить траекторию, вдоль которой был перемещен блок датчика изображения. Траектория, вдоль которой движется блок датчика изображения относительно системы определения местоположения, содержит последовательность местоположений с течением времени. В частности, эта траектория является свободно выбираемой траекторией относительно системы определения местоположения. Отслеживание движения блока датчика изображения посредством датчика движения работает независимо от системы определения местоположения.

Несмотря на то, что датчик движения работает независимо от системы определения местоположения, в частности, с помощью нетактильного способа регистрации в соответствии с различными вариантами осуществления, в котором блок датчика изображения содержит по меньшей мере один датчик движения, все же возможно определить местоположение и ориентацию объекта относительно системы определения местоположения. Это достигается за счет того, что траектория, вдоль которой движется блок датчика изображения, записывается путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения, и за счет того, что по меньшей мере одна точка упомянутой определенной траектории соотносена с координатой в системе координат системы определения местоположения. Таким образом, по меньшей мере для одной точки определенной траектории может быть определена координата в системе координат системы определения местоположения. Для определения местоположения и ориентации

объекта относительно системы определения местоположения должно быть определено, в частности, местоположение захвата, в котором изображение объекта захватывается блоком датчика изображения, в системе координат системы определения местоположения. При определении местоположения захвата блока датчика изображения, содержащего датчик движения, в системе координат системы определения местоположения по меньшей мере должны быть известны определенная траектория блока датчика изображения и известно пространственное соотношение этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты.

Далее, местоположение датчика движения или, в случае системы датчиков, датчиков движения должно быть откалибровано к входному зрачку камеры блока датчика изображения. Если блок датчика изображения содержит более одной камеры, или если одна камера содержит более одного входного зрачка, несколько входных зрачков должны быть откалиброваны друг к другу и к одному или нескольким датчикам движения. Если дополнительные датчики, такие как один или несколько датчиков местоположения, также содержатся в блоке датчика изображения, входные зрачки также должны быть откалиброваны к этим датчикам местоположения. Калибровкой называется определение функций преобразования для преобразований между системами координат двух элементов, например, входных зрачков и/или датчиков. Эти функции преобразования, как правило, необходимо определить один раз, поскольку относительное расстояние и ориентация между соответствующими входными зрачками и/или датчиком не изменяются после того, как они были установлены, например, в блоке датчика изображения.

В этом отношении уже подчеркивалось, что предпочтительно блок датчика изображения содержит 3-D камеру, такую как оптическая стереографическая камера, оптическая мультикамера или времяпролетная камера.

Из изображения, захваченного в местоположении захвата фотограмметрическим образом генерируется модель поверхности. Точка этой модели поверхности затем соотносится посредством калибровки с координатой в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения. Это может содержать определение функции преобразования для преобразования координаты в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения в соответствующую координату в системе координат модели поверхности.

После калибровки точка на модели поверхности, заданной в системе координат модели поверхности, может быть присвоена координате в системе координат системы определения местоположения. В частности, точка на модели поверхности, заданная в системе координат модели поверхности, может быть присвоена координате в системе координат системы определения местоположения, имеющей известное пространственное соотношение по меньшей мере с одной точкой на упомянутой траектории. Такое пространственное соотношение может быть установлено путем перемещения блока датчика изображения из или в местоположение, которое известно в системе координат системы определения местоположения. После калибровки сгенерированная модель

поверхности может быть преобразована и, таким образом, зарегистрирована в системе координат системы определения местоположения.

С помощью нетактильного способа регистрации в соответствии с этим изобретением и, в частности, с помощью способа регистрации в соответствии с различными вариантами осуществления, в котором блок датчика изображения содержит датчик движения, можно с высокой точностью определять местоположение и ориентацию объекта относительно системы определения местоположения. Кроме того, способ регистрации может выполняться сравнительно легко и быстро и - в частности, в отношении различных вариантов осуществления, в которых блок датчика изображения содержит датчик движения - без пространственного ограничения рабочей областью системы определения местоположения. Таким образом, особым преимуществом способа регистрации является то, что блок датчика изображения может перемещаться относительно свободно и независимо от рабочей области системы определения местоположения, в то время как местоположение и ориентация объекта относительно системы определения местоположения все также могут быть определены надежным образом. Это позволяет захватывать изображение объекта в местоположении захвата, которое является наиболее подходящим для этого. Часто наиболее подходящее местоположение захвата может лежать за пределами рабочей области системы определения местоположения, и теперь оно надежно доступно.

Предпочтительно, местоположение входного зрачка камеры калибруется к местоположению датчика, содержащегося в блоке датчика изображения. Поскольку местоположение и ориентация датчика могут быть определены относительно системы определения местоположения, координата местоположения захвата в системе координат блока датчика изображения может быть преобразована в систему координат системы определения местоположения.

Местоположение датчика во время захвата изображения может быть начальной или конечной точкой траектории, но также может соответствовать и любой другой точке на траектории, находящейся между начальной точкой и конечной точкой траектории.

Известное пространственное соотношение этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты в системе координат системы определения местоположения может быть относительным расстоянием от этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории до упомянутой координаты в системе координат системы определения местоположения. Предпочтительно, упомянутая координата в системе координат системы определения местоположения заранее известна или задается до перемещения блока датчика изображения. Например, если блок датчика изображения перемещается из или в местоположение, которое известно в системе координат системы определения местоположения, устанавливается известное пространственное соотношение между координатой в системе координат системы определения местоположения и по меньшей мере одной точкой упомянутой определенной траектории. По этому известному пространственному соотношению и известной

ориентации траектории относительно системы определения местоположения любая другая точка на записанной траектории может быть преобразована в систему координат системы определения местоположения.

Предпочтительно, соотнося по меньшей мере одну точку упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения, получается относительное расстояние по меньшей мере от одной точки траектории до координаты в системе координат системы определения местоположения, а также ориентации упомянутой траектории в системе координат системы определения местоположения. В некоторых вариантах осуществления для этого требуется соотнести по меньшей мере две точки упомянутой определенной траектории с различными координатами в системе координат системы определения местоположения. По относительному расстоянию по меньшей мере от одной точки определенной траектории до координаты в системе координат системы определения местоположения, а также ориентации траектории в системе координат системы определения местоположения, может быть определено относительное расстояние любой точки на траектории и, в частности, местоположение датчика во время захвата изображения в системе координат системы определения местоположения.

Способ регистрации в соответствии с этим изобретением может быть реализован с помощью различных систем определения местоположения, таких как оптические, электромагнитные или ультразвуковые системы определения местоположения. Однако предпочтительной является реализация способа регистрации в соответствии с изобретением с помощью электромагнитной системы определения местоположения.

Координата, имеющая известное пространственное соотношение по меньшей мере с одной точкой на траектории, может быть задана местоположением, например, генератора поля или источника света самой системы определения местоположения. Местоположение, например, генератора поля можно рассматривать как начало системы координат, охватываемой электромагнитной системой определения местоположения. Координата, имеющая известное пространственное соотношение по меньшей мере с одной точкой на траектории, также может быть задана местоположением датчика местоположения, расположенного на расстоянии относительно генератора поля или источника света, например, в фиксированном местоположении. Такой датчик местоположения может быть прикреплен к объекту. Датчик местоположения может также содержаться в держателе блока датчика изображения для блока датчика изображения. Координата, имеющая известное пространственное соотношение по меньшей мере с одной точкой на траектории, это датчик местоположения, находящийся в точке касания. Блок датчика изображения может быть перемещен и приведен в контакт с точкой касания. При перемещении блока датчика изображения из точки касания вдоль траектории каждая точка на траектории предпочтительно может коррелироваться с точкой касания и, в частности, с датчиком местоположения точки касания. Если сам блок датчика изображения содержит датчик местоположения, координата, имеющая известное

пространственное соотношение по меньшей мере с одной точкой на траектории, также может быть задана конкретным местоположением или записанной траекторией датчика местоположения, и, таким образом, блока датчика изображения, который обнаруживается в системе координат системы определения местоположения. Например, если сам блок датчика изображения дополнительно содержит датчик местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения, произвольное местоположение датчика местоположения может быть задано в качестве координаты, имеющей известное пространственное соотношение по меньшей мере с одной точкой на траектории. Начиная из этой координаты, блок датчика изображения может перемещаться вдоль траектории, которая записывается путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения.

Модель поверхности объекта, фотограмметрическим образом генерируемая по меньшей мере из одного захваченного изображения, может быть вычислена блоком датчика изображения или, альтернативно, блоком определения местоположения, который является частью соответствующей установки регистрации.

Объект, изображение которого захватывается, может быть частью тела пациента, например, лицом пациента.

В некоторых вариантах осуществления различных вариантов осуществления, в которых блок датчика изображения содержит датчик движения, блок датчика изображения перемещается вдоль траектории, которая начинается в упомянутой координате местоположения, которая известна в системе координат системы определения местоположения, и заканчивается в местоположении датчика, в котором захватывается изображение. Предпочтительно местоположение датчика, в котором захватывается изображение, затем определяется в системе координат системы определения местоположения на основании записанной траектории и известного пространственного соотношения по меньшей мере начальной точки траектории и упомянутой координаты.

Координата в системе координат системы определения местоположения, где начинается движение блока датчика изображения, находится в пределах рабочей области системы определения местоположения. Блок датчика изображения может быть перемещен из этого известного местоположения даже в местоположение за пределами рабочей области. Поскольку траектория, вдоль которой перемещается блок датчика изображения, начинается в известном начальном местоположении, если известна ориентация траектории в системе координат системы определения местоположения, может быть вычислено относительное расстояние от какой-либо точки на траектории до известного начального местоположения. Это означает, что любая точка на траектории и, в частности, любое местоположение датчика относительно системы определения местоположения, в котором захватывается изображение, которое находится на этой траектории, может быть определено в системе координат системы определения местоположения. Часть траектории может лежать за пределами рабочей области и тем не менее - так как участок записан путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения - любая

точка на траектории, лежащей за пределами рабочей области, также может быть определена в системе координат системы обнаружений местоположения. В частности, также все еще может быть определено местоположение захвата в системе координат системы определения местоположения, находящееся за пределами рабочей области системы определения местоположения.

В некоторых альтернативных вариантах осуществления различных вариантов осуществления, в которых блок датчика изображения содержит датчик движения, траектория, вдоль которой перемещается блок датчика изображения, начинается в местоположении захвата и заканчивается в упомянутой известной координате в системе координат системы определения местоположения, и блок датчика изображения перемещается вдоль этой траектории после захвата изображения. Предпочтительно, затем определяется местоположение захвата в системе координат системы определения местоположения на основании записанной траектории и известного пространственного соотношения по меньшей мере конечной точки траектории и упомянутой координаты.

В этих альтернативных вариантах осуществления этапы, на которых перемещают блок датчика изображения и захватывают изображение, имеют обратную хронологическую последовательность по сравнению с ранее описанными вариантами осуществления, где блок датчика изображения перемещался вдоль траектории, которая начинается в упомянутой координате в системе координат системы определения местоположения и заканчивается в местоположении захвата. Как ранее описанные варианты осуществления, так и эти альтернативные варианты осуществления могут привести к одним и тем же результатам.

В этих альтернативных вариантах осуществления различных вариантов осуществления, в которых блок датчика изображения также содержит датчик движения, местоположение захвата может лежать вне рабочей области системы определения местоположения. Однако, поскольку траектория от местоположения захвата до упомянутой координаты в системе координат системы определения местоположения, изображающей конечную точку этой траектории, записывается путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения, если ориентация траектории в системе координат системы определения местоположения известна, то относительное расстояние от любой точки и, в частности, от местоположения захвата до конечной точки может быть вычислено на основании сигналов датчика движения после захвата изображения.

Путем перемещения блока датчика изображения в или из известного местоположения в системе координат системы определения местоположения, устанавливается пространственное соотношение между системой координат системы определения местоположения и траекторией движения датчика движения. Вообще говоря, в вариантах осуществления, в которых блок датчика изображения содержит датчик движения, местоположение захвата, в котором захватывается изображение, может быть определено на основании только известного пространственного соотношения между

координатой в системе координат системы определения местоположения и точкой на траектории, записанной путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения. В этом случае не требуется датчик местоположения для определения местоположения захвата. В частности, необходимое пространственное соотношение может быть получено путем перемещения блока датчика изображения вдоль траектории от местоположения захвата до конечной точки, местоположение которой известно в системе координат системы определения местоположения, или путем перемещения блока датчика изображения вдоль траектории от начальной точки, местоположение которой известно в системе координат системы определения местоположения, до местоположения захвата.

Способ регистрации в соответствии с изобретением может дополнительно содержать этап, на котором обнаруживают движение объекта при захвате изображений и обеспечивают сигналы движения, представляющие собой обнаруженное движение вместе с меткой времени, посредством датчика местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения, расположенного на объекте. Если во время захвата изображений обнаруживается движение объекта, может быть запущен сигнал тревоги, чтобы сообщить пользователю, что объект переместился при захвате изображений.

Подходящий датчик местоположения для реализации этого этапа может быть выполнен с возможностью обеспечения сигнала датчика, представляющего собой обнаруженное движение вместе с меткой времени. Сигнал датчика может быть доставлен, например, в блок определения местоположения установки регистрации. Блок определения местоположения может быть выполнен с возможностью использования сигнала датчика для компенсации обнаруженного движения объекта во время захвата изображения путем применения обнаруженного движения в качестве значения коррекции к местоположению блока датчика изображения, имеющего такую же метку времени, что и соответствующий сигнал датчика. Таким образом, может быть выполнено соотнесение по меньшей мере одной точки генерируемой модели поверхности с координатой в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения с использованием скорректированного местоположения захвата.

В частности, в таких вариантах осуществления, в которых блок датчика изображения не содержит датчик местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат блока обнаружения местоположения, или в вариантах осуществления, в которых блок датчика изображения располагается вне рабочей области системы определения местоположения, траектория, вдоль которой движется блок датчика изображения, предпочтительно записывается только путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения.

Однако, если блок датчика изображения дополнительно содержит опциональный датчик местоположения, способ регистрации может содержать этап, на котором обнаруживают местоположение и ориентацию датчика местоположения, содержащегося в

блоке датчика изображения, в системе координат системы определения местоположения. По определенному местоположению и ориентации датчика местоположения может быть вычислены местоположение и ориентация блока датчика изображения в системе координат упомянутой системы определения местоположения.

Если блок датчика изображения содержит датчик движения и датчик местоположения, предпочтительно, начальная точка или конечная точка траектории (вдоль которой перемещается блок датчика изображения и которая записывается путем обработки сигналов датчика движения) определяется как координата в системе координат системы определения местоположения путем обнаружения местоположения и ориентации датчика местоположения. Таким образом, любая точка на траектории и, в частности, местоположение датчика, в котором захватывается изображение, может быть пространственно скоррелировано с местоположением, координата которого известна в системе координат системы определения местоположения.

Если блок датчика изображения также содержит датчик местоположения, местоположение и ориентация блока датчика изображения могут быть отслежены с помощью датчика местоположения непосредственно в системе координат системы определения местоположения. Таким образом, пока блок датчика изображения, содержащий датчик местоположения, перемещается в рабочей области системы определения местоположения, местоположение и ориентация блока датчика изображения могут быть определены непосредственно в системе координат системы определения местоположения. Кроме того, начальная точка траектории, которая отслеживается датчиком движения, может быть непосредственно определена в системе координат системы определения местоположения путем определения местоположения и ориентации датчика местоположения. О том факте, что начальная точка траектории может быть определена в системе координат системы определения местоположения, может быть сообщено пользователю, например, на дисплее или акустически. Также траектория, вдоль которой перемещается блок датчика изображения, может записываться или отслеживаться путем обработки как сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения, так и сигналов местоположения, представляющих собой значения местоположения, обеспеченные датчиком местоположения. Например, для записи траектории датчика изображения предпочтительно, если датчик движения заменяет датчик местоположения в определенных ситуациях, или дополняет датчик местоположения, или может использоваться для корректировки значений местоположения, обеспеченных датчиком местоположения.

Пока блок датчика изображения перемещается в рабочей области системы определения местоположения местоположение и ориентация объекта относительно системы определения местоположения могут быть определены на основании как сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения, так и сигналов местоположения, представляющих собой значения местоположения, обеспеченные датчиком местоположения.

Предпочтительно, если обработка сигналов датчика движения и сигналов местоположения включает в себя сравнение обоих сигналов для улучшения точности записи траектории, вдоль которой перемещался блок датчика изображения.

Если блок датчика изображения перемещается вне рабочей области, датчик местоположения прекращает обеспечивать надежные значения местоположения. Однако даже при выходе за пределы рабочей области траектория блока датчика изображения все еще может быть надежным образом записана путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения. Например, датчик движения может заменить датчик местоположения при отслеживании траектории. Таким образом, пространство, в котором может перемещаться блок датчика изображения для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения, увеличивается относительно рабочей области системы определения местоположения. Это позволяет захватывать изображение объекта в наиболее подходящем местоположении, которое часто может лежать за пределами рабочей области системы определения местоположения.

Способ регистрации в соответствии с изобретением может дополнительно содержать этапы, на которых захватывают изображение объекта вместе с опорным датчиком местоположения, который расположен относительно объекта, и фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности вместе с опорным датчиком местоположения из захваченного изображения, так что местоположение опорного датчика местоположения в системе координат фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности может быть определено при одновременном обеспечении информации о местоположении в терминах координат системы координат системы определения местоположения. Таким образом, опорный датчик местоположения может обеспечить опорную точку для калибровки. Такой опорный датчик местоположения может использоваться дополнительно к датчику местоположения, который прикреплен к объекту. Также опорный датчик местоположения может служить для определения координаты, имеющей известное пространственное соотношение с точкой на траектории. В частности, если датчик местоположения не прикреплен к объекту, и также датчик местоположения не содержится в блоке датчика изображения, может быть выгодно захватывать изображение таким образом, чтобы изображение показывало опорный датчик местоположения вместе с объектом, так что опорный датчик местоположения может быть идентифицирован в системе координат фотограмметрическим образом генерируемой модели поверхности. Опорный датчик местоположения затем фотограмметрическим образом генерируется в системе координат модели поверхности объекта и обеспечивает дополнительное опорное местоположение, которое заранее известно в системе координат системы определения местоположения. Таким образом, может быть улучшена точность регистрации.

Кроме того, если

- опорный датчик местоположения расположен относительно объекта и

- местоположение опорного датчика местоположения фотограмметрическим образом генерируется в системе координат модели поверхности

может использоваться обеспеченная информация о местоположении в терминах координат системы координат системы определения местоположения для проверки определенного местоположения сгенерированной модели поверхности в системе координат системы определения местоположения на основании обработанных сигналов датчика движения и/или сигналов местоположения путем вычисления отклонения упомянутого определенного местоположения на основании обработанных сигналов датчика движения и/или сигналов местоположения от местоположения упомянутого опорного датчика местоположения в системе координат системы определения местоположения после преобразования модели поверхности в систему координат упомянутой системы определения местоположения.

Предпочтительно, свойства получаемых изображений блока датчика изображения известны заранее.

Хотя предпочтительно, чтобы блок датчика изображения содержал 3-D камеру, в некоторых вариантах осуществления предпочтительно, если блок датчика изображения содержит монофокальный датчик изображения. Если блок датчика изображения содержит монофокальный датчик изображения, предпочтительно, в способе регистрации при перемещении монофокального датчика изображения захватывается множество изображений объекта, каждое в различных местоположениях захвата, находящихся на траектории. Таким образом, в частности, если блок датчика изображения содержит монофокальный датчик изображения, предпочтительно, чтобы блок датчика изображения перемещался при захвате множества изображений поверхности объекта в различных местоположениях захвата. Например, блоком датчика изображения можно постоянно управлять во время процесса регистрации поверхности обнаруживаемого объекта. Здесь записывается относительное положение блока датчика изображения относительно объекта (точнее: относительно системы определения местоположения) - т.е. местоположение блока датчика изображения - и фотограмметрическим образом обнаруженная информация (т.е. в общем оптически обнаруженные данные изображения, представляющие собой захваченное изображение).

Непрерывная регистрация, предпочтительно, может выполняться таким образом, что отпадает необходимость в опорном датчике местоположения, который является неподвижным относительно объекта. Напротив, датчик движения или, если дополнительно присутствует, датчик местоположения, содержащийся в блоке датчика изображения, будет выполнять эту функцию в соответствующее время.

Информация о местоположении, представленная, например, сигналами датчика движения и/или значениями местоположения, и оптически обнаруженные данные изображения предпочтительно подаются в итеративный алгоритм. Этот алгоритм обнаруживает объекты (края, линии, круги и т.д.) в оптически обнаруженных данных изображения (например, в отдельных изображениях), а также может коррелировать

упомянутые объекты друг с другом на различных отдельных изображениях. Таким образом, создается список объектов, которые были записаны блоком датчика изображения, содержащим монофокальный датчик изображения, с различных направлений наблюдения и местоположений наблюдения.

Предпочтительно впоследствии используется дополнительный алгоритм, который может установить пространственное местоположение объектов по этим данным. В случае блока датчика изображения, содержащего монофокальный датчик изображения, объект должен быть записан по меньшей мере с двух различных направлений наблюдения и местоположений наблюдения. Затем местоположение объекта может быть установлено путем триангуляции.

Если установлено достаточное число объектов и их местоположения, можно выполнить обычную поверхностную регистрацию.

Хотя в некоторых ситуациях предпочтительным является использование монофокального блока датчика изображения, во многих других ситуациях способ регистрации может быть улучшен путем использования - что является предпочтительным - 3-D камеры в качестве блока датчика изображения. С 3-D камерой можно с самого начала записывать в трех измерениях обнаруживаемую поверхность. Реконструкция формы поверхности из данных двухмерного изображения, которая требуется в случае блока датчика изображения, содержащего монофокальный датчик изображения, как описано выше, в этом случае становится излишней. Известные 3-D камеры записывают форму поверхности в трех измерениях на основании измерения времени распространения инфракрасных световых импульсов. Так как отдельные точки на поверхности объекта имеют различное расстояние от источника инфракрасного света блока датчика изображения, а также от его инфракрасного датчика изображения, это приводит к разной длительности времени прохождения импульсов между источником света и датчиком изображения. Эти времена прохождения импульсов (или фазовые сдвиги) содержат информацию, относящуюся к расстоянию между блоком датчика изображения и соответствующей точкой на поверхности объекта. Этот тип записи также известен как TOF (времяпролетный) процесс.

Блок датчика изображения также может быть реализован как оптическая стереографическая камера или как оптическая мультикамера для трехмерной записи поверхности обнаруживаемого объекта. Оптическая стереографическая камера может быть реализована в виде узла камер из двух или более камер, установленных на фиксированном известном расстоянии. Если блок датчика изображения содержит более одного входного зрачка, входные зрачки предпочтительно калибруются относительно друг друга.

Фотограмметрическое обнаружение поверхности предпочтительно выполняется с использованием естественного освещения, т.е. освещения, присутствующего на месте.

Однако в некоторых ситуациях может быть предпочтительно проецировать шаблон на поверхность объекта при захвате изображения для создания улучшенных записей

изображения поверхности объекта.

В таких ситуациях способ регистрации предпочтительно содержит этап, на котором проецируют шаблон, который может быть обнаружен блоком датчика изображения, на поверхность объекта при захвате изображения.

Для проецирования шаблона на объект блок датчика изображения может быть соединен (предпочтительно жестким образом) с проектором шаблона установки регистрации. Относительное положение между блоком датчика изображения и проектором шаблона, а также свойства отображения проектора шаблона предпочтительно известны заранее. Альтернативно, проектор шаблона также может быть соединен (предпочтительно жестким образом) с датчиком движения и/или датчиком местоположения таким образом, что относительное положение между блоком датчика изображения и проектором шаблона может быть определено в любой момент времени по сигналам датчика движения и/или значениям местоположения, обеспеченным датчиком движения и/или датчиком местоположения проектора шаблона, соответственно, и сигналам датчика движения, обеспеченным датчиком движения блока датчика изображения. Тогда проектор шаблона, к выгоде, может перемещаться независимо от блока датчика изображения, так что блок датчика изображения может в каждом случае записывать особенно значимые отдельные изображения с хорошо поддающимся оценке искажением шаблона.

Проектор шаблона может использоваться для проецирования искусственной структуры (шаблона, например, шаблона из полос), размеры которого известны, на целевую поверхность в области захвата блока датчика изображения. Шаблон, проецируемый на поверхность, может быть оптически обнаружен блоком датчика изображения, таким образом, что появляются отдельные изображения, которые показывают шаблон, проецируемый на поверхность с искажениями, вызванными формой поверхности. Трехмерная поверхность может быть установлена в каждом отдельном изображении на основании искажений шаблона. Может случиться так, что общая поверхность может быть определена путем объединения трехмерных частичных поверхностей отдельных изображений, используя перекрывающиеся области. Эта общая поверхность затем может использоваться с обычной регистрацией поверхности.

Проектор шаблона может быть выполнен с возможностью проецирования шаблона с использованием инфракрасного или ультрафиолетового света. В этом случае блок датчика изображения предпочтительно оснащается чувствительным к инфракрасному или ультрафиолетовому излучению датчиком изображения. Этот вариант осуществления имеет то преимущество, что проецируемый шаблон невидим для хирурга и поэтому не мешает.

Вместо или в дополнение к проектору шаблона, также может быть предусмотрена самоклеящаяся пленка с шаблоном. Эта пленка закрепляется в целевой области. В результате известных шаблонов на пленке может быть обнаружена форма пленки и, следовательно, также структура поверхности.

Способ регистрации также может содержать этап, на котором размещают множество инфракрасных меток на поверхности объекта.

Инфракрасные метки могут быть обнаружены блоком датчика изображения, оснащенный чувствительным к инфракрасному излучению датчиком изображения. Путем локализации инфракрасных меток, расположенных на поверхности объекта, фотограмметрическим образом может генерироваться топография поверхности на основании инфракрасных меток из захваченного изображения. Это позволяет обнаруживать поверхность и фотограмметрическим образом генерировать модель поверхности объекта, даже если видимого света недостаточно для обнаружения поверхности.

Способ регистрации может дополнительно содержать этап, на котором присваивают метку времени каждому захваченному изображению. Например, блок датчика изображения может быть выполнен с возможностью передачи захваченных изображений блоку определения местоположения установки регистрации вместе с меткой времени.

Способ регистрации может дополнительно содержать этап, на котором обеспечивают значения местоположения вместе с меткой времени. Этот этап может быть реализован с помощью системы определения местоположения, выполненной с возможностью обеспечения значений местоположения блоку определения местоположения установки регистрации вместе с меткой времени. Также возможно, что блок определения местоположения установки регистрации выполнен с возможностью запроса значений местоположения от системы определения местоположения и/или сигналов датчика движения от датчика движения и прикрепления метки времени к соответствующим значениям местоположения и/или сигналам датчика движения.

Датчик движения может быть выполнен с возможностью обеспечения сигналов датчика движения блоку отслеживания установки регистрации вместе с меткой времени. Если, например, датчик местоположения расположен на объекте и выполнен с возможностью обнаружения, движется ли объект при захвате изображения, предпочтительно, значения местоположения, обеспеченные датчиком местоположения, а также изображения, захваченные с помощью блока датчика изображения, предоставляются блоку определения местоположения вместе с меткой времени. Блок определения местоположения может быть выполнен с возможностью присвоения значения местоположения изображению, несущему такую же метку времени. Местоположение захвата, в котором было захвачено изображение, затем может быть скорректировано на обнаруженное движение, представленное значением местоположения в качестве значения коррекции к местоположению захвата, т.е. местоположению входного зрачка относительно объекта.

Дополнительно или альтернативно способ регистрации может дополнительно содержать этап, на котором осуществляют потоковую передачу данных изображения, представляющих собой захваченные изображения. Этот этап может быть реализован с

помощью блока датчика изображения, выполненного с возможностью потоковой передачи данных изображения, представляющих собой захваченные изображения, блоку определения местоположения установки регистрации. Поток данных изображения может визуализироваться на мониторе установки регистрации.

В способе регистрации в соответствии с изобретением изображения также могут быть захвачены с помощью автоматического пускового сигнала. Автоматический пусковой сигнал может быть основан на анализе потоковой передачи данных изображения от блока датчика изображения. Например, блок датчика изображения может анализировать данные изображения потоковой передачи, и если объект распознан в некотором местоположении относительно блока датчика изображения, дается автоматический пусковой сигнал. Например, блок датчика изображения может захватить изображение при автоматическом пусковом сигнале, который основан на анализе определенного местоположения блока датчика изображения относительно опорного датчика местоположения, который прикреплен к объекту. Например, если блок датчика изображения находится в некотором местоположении относительно опорного датчика местоположения, может быть дан автоматический пусковой сигнал, и будет захвачено изображение.

Способ регистрации может дополнительно содержать определение искажения переменного электромагнитного поля путем фотограмметрического обнаружения множества датчиков местоположения, расположенных в различных местах, или подвижного датчика местоположения, перемещающегося при захвате изображения с упомянутым блоком датчика изображения, при этом местоположение и ориентация датчиков местоположения или датчика местоположения в системе координат системы определения местоположения определяются напрямую через систему определения местоположения.

Чтобы иметь возможность определять возможные искажения переменного электромагнитного поля системы определения местоположения во всех ранее описанных вариантах осуществления способа регистрации, используется множество датчиков местоположения в различных местах или подвижный датчик местоположения, который перемещается во время фотограмметрического обнаружения поверхности объекта или части тела, и местоположение этого датчика или датчиков аналогично обнаруживаются фотограмметрическим образом. Искажения переменного электромагнитного поля затем могут быть установлены по соответствующему фотограмметрическим образом обнаруженному месту подвижного датчика местоположения или датчиков местоположения и по месту, определенному самим соответствующим датчиком положения посредством системы определения местоположения. И тогда возможно, скажем так, фотограмметрическим образом измерить само переменное электромагнитное поле.

Что касается установки регистрации, задача изобретения решается с помощью установки регистрации для определения местоположения и ориентации объекта

относительно системы определения местоположения. Установка содержит систему определения местоположения, по меньшей мере один блок датчика изображения, блок отслеживания, блок определения местоположения и блок преобразования координат.

Система определения местоположения выполнена с возможностью определения местоположения и ориентации датчика местоположения, и по меньшей мере один блок датчика изображения содержит по меньшей мере один датчик движения. Блок датчика изображения выполнен с возможностью захвата изображения объекта и генерации фотограмметрическим образом модели поверхности объекта по меньшей мере из одного захваченного изображения. Датчик движения выполнен с возможностью обеспечения сигналов датчика движения, представляющих собой последовательность местоположений движущегося блока датчика изображения относительно системы определения местоположения с течением времени.

Блок отслеживания выполнен с возможностью записи упомянутой траектории блока датчика изображения путем обработки сигнала датчика движения, обеспеченного датчиком движения.

Блок определения местоположения выполнен с возможностью соотнесения по меньшей мере одной точки упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения, определения местоположения захвата блока датчика изображения на основании определенной траектории и известного пространственного соотношения этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты и соотнесения по меньшей мере одной точки генерируемой модели поверхности с координатой в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения посредством калибровки.

Блок преобразования координат выполнен с возможностью преобразования сгенерированной модели поверхности в систему координат системы определения местоположения.

Установка может дополнительно содержать проектор шаблона, соединенный по меньшей мере с одним блоком датчика изображения или содержащийся по меньшей мере в одном блоке датчика изображения, и при этом проектор шаблона выполнен с возможностью проецирования шаблона на тело.

Предпочтительно, блок датчика изображения содержит стереокамеру, мультикамерную систему или времяпролетную камеру. В некоторых вариантах осуществления, однако, блок датчика изображения также может содержать одну камеру.

Предпочтительно блок датчика изображения соединяется с блоком определения местоположения. Предпочтительно датчик движения соединяется с блоком отслеживания. Блок определения местоположения также соединяется с системой определения местоположения. Блок определения местоположения соединяется с блоком преобразования координат. По меньшей мере некоторые соединения между компонентами могут быть реализованы как соединение универсальной последовательной шины (universal serial bus, USB). Однако, по меньшей мере некоторые соединения между

компонентами также могут быть реализованы как беспроводное соединение, например, соединение Bluetooth.

Датчик движения может быть сенсорным устройством или массивом гироскопов и акселерометров, обеспечивающих сигналы датчика движения, представляющие собой параметры движения в шести степенях свободы, например, три линейных ускорения и три угловых скорости.

Компоненты установки регистрации предпочтительно являются элементами компьютера или другой системы обработки данных.

Опционально установка может дополнительно содержать держатель блока датчика изображения, содержащий адаптер с геометрическим замыканием, выполненный с возможностью воспроизводимо размещать блок датчика изображения в заранее заданном и фиксированном местоположении. Местоположение и ориентация держателя блока датчика изображения относительно системы определения местоположения предпочтительно известны заранее или могут быть определены с помощью системы определения местоположения.

Например, датчик местоположения может быть прикреплен к держателю блока датчика изображения, так что местоположение и ориентация этого детектора местоположения могут быть обнаружены системой определения местоположения. По обнаруженному местоположению и ориентации датчика местоположения могут быть вычислены местоположение и ориентация держателя блока датчика изображения. Если блок датчика изображения удерживается держателем, местоположение и ориентация блока датчика изображения также могут быть вычислены относительно системы определения местоположения. Предпочтительно, держатель блока датчика изображения, оснащенный датчиком местоположения, может быть свободно расположен в рабочей области системы определения местоположения и использоваться для обеспечения известного местоположения в системе координат системы определения местоположения из или в которое блок датчика изображения может быть перемещен вдоль траектории, которая может быть записана путем обработки, например, сигналов датчика движения. Таким образом, местоположение захвата, в котором захватывается изображение, может быть определено и использовано для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения.

Если держатель блока датчика изображения не содержит датчик местоположения, местоположение и ориентация держателя блока датчика изображения относительно системы определения местоположения предпочтительно известны заранее путем фиксации держателя блока датчика изображения относительно системы определения местоположения. Держатель блока датчика изображения тогда зафиксирован на постоянном относительном расстоянии и ориентации относительно системы определения местоположения или даже напрямую прикреплен к системе определения местоположения. Затем может быть достаточно откалибровать держатель блока датчика изображения один раз к системе определения местоположения, так что будут известны местоположение и

ориентация держателя блока датчика изображения относительно системы определения местоположения.

В соответствии с дополнительным аспектом, который может быть реализован независимо от других аспектов, описанных в настоящем описании, и, таким образом, сам по себе составляет изобретение, задача изобретения решается с помощью альтернативного способа регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно электромагнитной системы определения местоположения. Способ в соответствии с этим аспектом содержит этапы, на которых

- обеспечивают блок датчика изображения, который жестко прикреплен к генератору поля электромагнитной системы определения местоположения,
- определяют функцию преобразования для преобразований между системой координат модели поверхности и системой координат электромагнитной системы определения местоположения посредством калибровки,
- захватывают изображение поверхности объекта с помощью упомянутого блока датчика изображения,
- фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности объекта из захваченного изображения,
- преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения.

Этот альтернативный способ регистрации не требует, чтобы координата местоположения захвата в системе координат системы определения местоположения была определена с использованием одного или нескольких датчиков движения и/или датчиков местоположения. Поскольку блок датчика изображения объединен с генератором поля в фиксированной установке, требуется только откалибровать блок датчика изображения к генератору поля для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения и, таким образом, функции преобразования, требуемой для преобразования координат системы координат блока датчика изображения в координаты системы координат системы определения местоположения. Однако, опционально блок датчика изображения может содержать датчик движения и/или датчик местоположения. Предпочтительно, блок датчика изображения содержит оптическую стереографическую камеру, или оптическую мультикамеру, или времяпролетную камеру.

Альтернативный способ регистрации в соответствии с этим дополнительным аспектом может содержать этап проецирования шаблона, который может быть обнаружен блоком датчика изображения, на поверхность объекта при захвате изображения.

Альтернативный способ регистрации в соответствии с этим дополнительным аспектом также может содержать присвоение метки времени каждому захваченному изображению.

Альтернативно или дополнительно, альтернативный способ регистрации в соответствии с этим дополнительным аспектом может содержать потоковую передачу данных изображения, представляющих собой захваченные изображения, от блока датчика

изображения блоку отслеживания.

Опционально альтернативный способ регистрации в соответствии с этим дополнительным аспектом может содержать этапы, на которых

- захватывают изображение объекта вместе с опорным датчиком местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения, расположенным на объекте, который располагается относительно объекта, и

- фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности вместе с опорным датчиком местоположения из захваченного изображения, так что местоположение опорного датчика местоположения в системе координат фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности определяется при одновременном обеспечении информации о местоположении в терминах координат системы координат системы определения местоположения.

Что касается установки регистрации, задача изобретения также решается с помощью альтернативной установки регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения, которая может быть реализована независимо от других аспектов, описанных прежде, и, таким образом, сама по себе составляет изобретение, содержащей

- электромагнитную систему определения местоположения, содержащую генератор поля для генерации переменного электромагнитного поля,

- блок датчика изображения, который жестко прикреплен к генератору поля, при этом блок датчика изображения выполнен с возможностью захвата изображения объекта и генерации фотограмметрическим образом модели поверхности объекта по меньшей мере из одного захваченного изображения, и

- калибровочный блок, выполненный с возможностью определения функции преобразования для преобразований между системой координат модели поверхности и системой координат электромагнитной системы определения местоположения посредством калибровки, и

- блок преобразования координат, выполненный с возможностью использования функций преобразования для преобразования координат, представляющих собой модель поверхности в системе координат модели поверхности, в систему координат системы определения местоположения.

Как правило, система координат системы определения местоположения охватывается или связана с генератором поля или источником света соответствующей системы обнаружения положения.

Эта альтернативная установка регистрации также может содержать проектор шаблона, который соединяется с блоком датчика изображения или который содержится в блоке датчика изображения, и при этом проектор шаблона выполнен с возможностью проецирования шаблона на тело. Блок датчика изображения этой альтернативной установки регистрации может содержать датчик движения и/или датчик местоположения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Далее будут описаны предпочтительные варианты осуществления изобретения со ссылкой на фигуры. На фигурах:

Фиг. 1: показывает блок-схему последовательности операций, представляющую собой способ регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения;

Фиг. 2: показывает блок-схему установки регистрации;

Фиг. 3: показывает блок датчика изображения для захвата изображения головы пациента, при этом блок датчика изображения содержит датчик движения;

Фиг. 4: показывает блок датчика изображения для захвата изображения головы пациента, при этом блок датчика изображения содержит датчик движения и датчик местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения;

Фиг. 5: показывает блок датчика изображения, который установлен на держателе блока датчика изображения, который жестко или подвижно прикреплен к системе определения местоположения;

Фиг. 6: показывает блок датчика изображения, который жестко закреплен в системе определения местоположения, при этом конструкция из блока датчика изображения и системы определения местоположения крепится на держателе блока датчика изображения,

Фиг. 7: показывает блок-схему последовательности операций, представляющую собой способ регистрации в соответствии с альтернативным вариантом осуществления,

Фиг. 8: схематично визуализирует, как местоположение и ориентация объекта могут быть определены относительно системы определения местоположения, если блок датчика изображения содержит датчик местоположения,

Фиг. 9: схематично визуализирует, как местоположение и ориентация объекта могут быть определены относительно системы определения местоположения, если блок датчика изображения содержит только датчик движения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

На фигуре 1 показана блок-схема последовательности операций, представляющая собой способ регистрации в соответствии с концепцией изобретения.

Способ регистрации содержит этапы, на которых

I1: захватывают изображение поверхности объекта с помощью блока датчика изображения, содержащего по меньшей мере один датчик движения и/или по меньшей мере один датчик местоположения,

I2: определяют местоположение захвата датчика изображения путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных упомянутым датчиком движения, и/или сигналов местоположения, обеспеченными упомянутым датчиком местоположения,

I3: фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности объекта из захваченного изображения, и

I4: преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения.

Этапы I1, I2 и I3 могут выполняться в разном порядке. Например, в некоторых вариантах местоположение захвата может быть определено до захвата изображения, или модель поверхности может фотограмметрическим образом генерироваться до определения местоположения захвата. Однако модель поверхности должна фотограмметрическим образом генерироваться до преобразования модели поверхности в систему координат системы определения местоположения.

Блок датчика изображения предпочтительно содержит времяпролетную камеру, оптическую стереографическую камеру или оптическую мультикамеру для трехмерной записи поверхности объекта, местоположение и ориентация которого должны быть определены относительно системы определения местоположения.

В предпочтительном варианте осуществления этап II захвата изображения поверхности объекта с помощью блока датчика изображения содержит подэтап, на котором обеспечивают по меньшей мере один блок датчика изображения, содержащий по меньшей мере один датчик движения для обнаружения линейного ускорения и/или скорости вращения с течением времени независимо от системы определения местоположения (S1).

Датчик движения может быть инерциальным датчиком, содержащим акселерометры, или гироскопы, или магнитометр. Также несколько из этих датчиков могут содержаться в блоке датчика изображения для формирования системы датчиков движения. При перемещении блока датчика изображения каждый датчик движения обеспечивает сигналы датчика движения, представляющие собой обнаруженное линейное ускорение или скорость вращения с течением времени.

Дополнительно или альтернативно к датчику движения блок датчика изображения может содержать датчик местоположения для определения местоположения и ориентации блока датчика изображения относительно системы определения местоположения.

Этап I2 определения местоположения захвата блока датчика изображения может содержать подэтапы. В одном предпочтительном варианте осуществления определение местоположения захвата блока датчика изображения может быть достигнуто с помощью подэтапов, на которых:

S2: перемещают блок датчика изображения вдоль пространственной траектории относительно системы определения местоположения,

S3: записывают упомянутую траекторию блока датчика изображения путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения,

S4: соотносят по меньшей мере одну точку упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения, и

S5: определяют местоположение захвата блока датчика изображения на основании определенной траектории и известного пространственного соотношения этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты.

Подэтапы S2, S3, S4 и S5 служат для определения местоположения блока датчика изображения с точки зрения координат в системе координат системы определения местоположения.

Например, известное пространственное соотношение между точкой на упомянутой траектории и координатой в системе координат системы определения местоположения может быть установлено путем перемещения блока датчика изображения из или в местоположение, координата которого известна в системе координат системы определения местоположения.

В некоторых вариантах этапа I2 дополнительно или альтернативно использованию датчика движения для определения местоположения и ориентации блока датчика изображения относительно системы определения местоположения может использоваться датчик местоположения. В таких вариантах осуществления местоположение захвата может быть определено путем обнаружения местоположения и ориентации датчика местоположения. Датчик местоположения содержится в блоке датчика изображения.

В другом варианте этапа I2 местоположение захвата также может быть определено путем захвата изображения объекта вместе с опорным датчиком местоположения, который прикреплен к объекту или размещен относительно объекта.

В еще одном варианте определения местоположения захвата (этап I2) блок датчика изображения может быть зафиксирован в заранее заданном местоположении, которое известно в системе координат системы определения местоположения. Такое заранее заданное местоположение может быть местоположением держателя блока датчика изображения, который откалиброван к системе определения местоположения, или который содержит датчик местоположения для обнаружения местоположения и ориентации относительно системы определения местоположения. Если датчик местоположения, например, датчик местоположения, расположенный на объекте, был зарегистрирован вместе с объектом, датчик местоположения фотограмметрическим образом генерируется в системе координат модели поверхности объекта. Таким образом, координата в системе определения местоположения, связанная с местоположением датчика местоположения, может быть напрямую пространственно скоррелирована с координатой в системе координат сгенерированной модели поверхности.

Этап I4 преобразования фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности в систему координат системы определения местоположения может содержать подэтап, на котором соотносят по меньшей мере одну точку сгенерированной модели поверхности с координатой в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения посредством калибровки (S6).

Например, могут быть определены функции преобразования для преобразований координат между датчиком движения и/или системой координат датчика местоположения и системой координат блока датчика изображения посредством калибровки. Это может включать в себя определение координаты местоположения захвата блока датчика изображения в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения,

соответственно. Определенные таким образом функции преобразования могут использоваться для преобразования фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности в систему координат системы определения местоположения.

Подэтап S6 служит для присвоения точек модели поверхности координатам в системе координат датчика.

Этап преобразования сгенерированной модели поверхности в систему координат системы определения местоположения может быть проведен значительно позже, например, в другой день, чем по меньшей мере некоторые предыдущие подэтапы.

В различных вариантах осуществления способа регистрации только некоторые этапы, на которых захватывают изображение поверхности объекта с помощью блока датчика изображения I1, определяют местоположения захвата блока датчика изображения I2 и преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения I4, содержат подэтапы, как описано выше. Например, в одном варианте осуществления только этап, на котором определяют местоположение захвата блока датчика изображения I2, содержит подэтапы, как описано выше. В других вариантах осуществления координаты местоположения захвата в системе координат системы определения местоположения определяются без использования датчика движения, например, с использованием датчика местоположения. В этих вариантах осуществления этап преобразования фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности в систему координат системы определения местоположения I4 может все еще содержать подэтап S6, как указано выше.

На фигуре 2 показана блок-схема предпочтительного варианта осуществления установки 200 регистрации.

Установка регистрации содержит систему 202 определения местоположения, блок 204 датчика изображения, содержащий по меньшей мере один датчик 206 движения, блок 208 отслеживания, блок 210 определения местоположения и блок 212 преобразования координат.

Система 202 определения местоположения выполнена с возможностью определения местоположения и ориентации датчика местоположения (не показан). Система 202 определения местоположения может быть оптической, электромагнитной или ультразвуковой системой определения местоположения. Предпочтительно система 202 определения местоположения является электромагнитной системой определения местоположения, содержащей генератор поля для генерации переменного электромагнитного поля. Если система 202 определения местоположения является электромагнитной системой определения местоположения, датчик местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения содержит по меньшей мере одну катушку. Система 202 определения местоположения соединяется с блоком 210 определения местоположения для передачи сигналов местоположения, представляющих собой значения местоположения, предоставленные датчиком местоположения блоку определения местоположения для

последующей обработки.

Блок 204 датчика изображения выполнен с возможностью захвата изображения объекта (не показан) и фотограмметрическим образом генерирования модели поверхности объекта по меньшей мере из одного захваченного изображения. Блок 204 датчика изображения может содержать монофокальный датчик изображения. Для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения блок датчика изображения, содержащий монофокальный датчик изображения, предпочтительно непрерывно направляется во время процесса регистрации по поверхности объекта, который должен быть обнаружен. Во время движения блока датчика изображения, содержащего монофокальный датчик изображения, захватывается по меньшей мере два изображения с различных направлений и местоположений наблюдения. Затем положение объекта может быть установлено посредством триангуляции. Однако, предпочтительно, блок датчика изображения содержит стереокамеру, или мультикамерную систему, или времяпролетную камеру для трехмерной записи поверхности объекта, который должен быть обнаружен. Оптическая стереографическая камера может быть реализована, например, в виде узла камер из двух или более камер, установленных на фиксированном известном расстоянии. Блок 204 датчика изображения соединяется с опциональным проектором 214 шаблона. Блок 204 датчика изображения также соединяется с блоком 210 определения местоположения для обеспечения фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности для последующей обработки.

Датчик 206 движения выполнен с возможностью обеспечения сигналов датчика движения, представляющих собой последовательность местоположений движущегося блока 204 датчика изображения относительно системы 202 определения местоположения с течением времени. Путем обработки таких сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком 206 движения, может быть записана траектория, вдоль которой движется блок 204 датчика изображения во время регистрации. Блок 204 датчика изображения может содержать только один датчик 206 движения или систему нескольких датчиков движения, выполненных с возможностью обнаружения линейного ускорения и скорости вращения во время движения блока 202 датчика изображения относительно системы 202 определения местоположения. Датчик 206 движения соединяется с блоком 208 отслеживания для передачи сигналов датчика движения блоку 208 отслеживания для записи траектории, вдоль которой перемещался блок 204 датчика изображения.

Блок 208 отслеживания соединяется с блоком 202 датчика изображения и блоком 210 определения местоположения и выполнен с возможностью записи траектории, вдоль которой движется блок 204 датчика изображения относительно системы 202 определения местоположения, путем обработки сигнала датчика движения, обеспеченного датчиком движения. Блок 208 отслеживания соединяется с датчиком 206 движения, содержащимся в блоке 204 датчика изображения.

Блок 210 определения местоположения выполнен с возможностью связывания по

меньшей мере одной точки определенной траектории с координатой в системе координат системы 202 определения местоположения. Кроме того, блок 210 определения местоположения выполнен с возможностью определения местоположения захвата блока 204 датчика изображения, в котором захвачено изображение объекта, на основании определенной траектории и известного пространственного соотношения этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты в системе координат системы 202 определения местоположения. Блок 210 определения местоположения также выполнен с возможностью соотнесения по меньшей мере одной точки сгенерированной модели поверхности с координатой в системе координат датчика движения посредством калибровки. Блок 210 определения местоположения соединяется с системой определения местоположения 202 для приема сигналов местоположения и имеет доступ к блоку 208 отслеживания для последующей обработки траектории, вдоль которой перемещался блок 204 датчика изображения, как было записано блоком 208 отслеживания. Блок 210 определения местоположения также соединяется с блоком 212 преобразования координат для предоставления информации о пространственном соотношении между местоположением сгенерированной модели поверхности и местоположением блока 204 датчика изображения относительно системы определения местоположения, соответствующим определенному относительному положению датчика 206 движения. Кроме того, блок 210 определения местоположения соединяется с блоком 204 датчика изображения для доступа к модели поверхности, фотограмметрическим образом сгенерированной блоком 204 датчика изображения.

Блок 212 преобразования координат соединяется с блоком 210 определения местоположения и выполнен с возможностью преобразования сгенерированной модели поверхности в систему координат системы 202 определения местоположения.

Установка 200 дополнительно содержит опциональный проектор 214 шаблона, который соединяется с блоком 202 датчика изображения. Проектор 214 шаблона выполнен с возможностью проецирования шаблона на тело.

По меньшей мере некоторые соединения между компонентами установки 200 регистрации могут быть реализованы как соединения универсальной последовательной шины (USB). По меньшей мере некоторые соединения между компонентами установки регистрации 200 также могут быть реализованы как беспроводные, например, Bluetooth соединения.

На фигуре 3 показан блок 16' датчика изображения, который содержит датчик 14' движения. Блок датчика изображения выполнен с возможностью захвата изображения головы 12 пациента. Голова 12 и блок 16' датчика изображения расположены относительно системы 10 определения местоположения, которая выполнена с возможностью определения местоположения и ориентации опорного датчика 18 местоположения, который жестко прикреплен к системе 10 определения местоположения. Опорный датчик 18 местоположения расположен относительно головы 12 таким образом, что если изображение головы захватывается с помощью блока 16' датчика изображения,

датчик 18 местоположения также будет виден на этом изображении. Если модель поверхности объекта фотограмметрическим образом генерируется, например, блоком 16' датчика изображения, то опорный датчик местоположения также будет фотограмметрическим образом генерироваться вместе с моделью поверхности. Опорный датчик 18 местоположения идентифицируется в системе координат фотограмметрическим образом генерируемой модели поверхности и, таким образом, обеспечивает ссылку на координату в системе координат системы определения местоположения. Таким образом, точки облака точек модели поверхности могут быть напрямую связаны с координатой в системе координат системы определения местоположения и присвоены соответствующим координатам в системе координат системы определения местоположения.

Однако обеспечение этого опорного датчика 18 является не необходимым, а опциональным. На самом деле определение местоположения и ориентации головы относительно системы 10 определения местоположения может быть достигнуто также без обеспечения опорного датчика 18 местоположения. Это достигается путем записи траектории, вдоль которой блок 16' датчика изображения перемещается путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком 14' движения. Записанная траектория состоит из последовательности местоположений движущегося блока 16' датчика изображения, которые были обнаружены датчиком 14' движения с течением времени. Поскольку по меньшей мере одна точка на записанной траектории имеет известное пространственное соотношение с координатой в системе координат системы определения местоположения, записанная траектория может быть определена в той системе координат. Таким образом, местоположение захвата, в котором изображение было захвачено блоком 16' датчика изображения, может быть определено в системе координат системы 10 определения местоположения. После калибровки местоположения входного зрачка блока датчика изображения к местоположению датчика 206 движения, координаты модели поверхности, фотограмметрическим образом сгенерированной блоком 16' датчика изображения в системе координат модели поверхности, могут быть преобразованы в систему координат системы 10 определения местоположения.

На фигуре 4 показан блок 16 датчика изображения, который содержит датчик 14' движения и дополнительный датчик 14'' местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы 10 определения местоположения. Дополнительный опциональный датчик 14 местоположения присоединен к голове 12, местоположение и ориентация которой должны быть определены относительно системы 10 определения местоположения. Если захватывается изображение головы 12, изображение покажет дополнительный датчик 14 местоположения вместе с головой. Когда фотограмметрическим образом генерируется модель поверхности головы 12, датчик 14 местоположения может быть идентифицирован в системе координат модели поверхности и может служить для привязки точки модели поверхности к системе координат системы 10 определения местоположения.

Пока блок 16 датчика изображения перемещается в рабочей области системы 10

определения местоположения, местоположение и ориентация в системе координат системы 10 определения местоположения могут быть напрямую определены посредством обнаружения местоположения и ориентации датчика 14'' местоположения, прикрепленного к блоку 16 датчика изображения. Однако, если блок 16 датчика изображения перемещается вне рабочей области системы 10 определения местоположения, местоположение и ориентация датчика 10 изображения относительно системы 10 определения местоположения не могут быть определены путем обнаружения датчика 14'' местоположения.

Однако, при выходе из рабочей области системы 10 определения местоположения местоположение захвата, в котором захватывается изображение головы 12, все еще может быть определено путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком 14' движения. Таким образом, траектория, вдоль которой движется блок 16 датчика изображения, может быть записана. По меньшей мере одна точка должна быть соотнесена с координатой в системе координат системы 10 определения местоположения, чтобы иметь возможность определить координату местоположения захвата в системе координат системы 10 определения местоположения. Затем местоположение захвата, т.е. местоположение входного зрачка во время захвата изображения относительно объекта, может быть определено в системе координат системы 10 определения местоположения. Посредством калибровки точка на модели поверхности, фотограмметрическим образом сгенерированной из изображения головы 12, может быть соотнесена с координатой в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения. После определения местоположения и ориентации, например, системы координат датчика местоположения относительно системы координат системы 10 определения местоположения, система координат модели поверхности может быть совмещена с системой координат системы 10 определения местоположения. Это работает независимо от того, перемещается ли блок датчика изображения в рабочей области системы 10 определения местоположения или нет.

На фигуре 5 показан блок 16'' датчика изображения, который установлен на держателе 11 блока датчика изображения, который прикреплен к системе 10 определения местоположения. В отличие от вариантов осуществления, описанных со ссылкой на фигуры 1-4, блок 16'' датчика изображения не оснащается датчиком движения или датчиком местоположения. Однако по меньшей мере один из датчика движения или датчика местоположения опционально может содержаться в блоке 16'' датчика изображения. Это может иметь преимущество, если держатель 11 блока датчика изображения может перемещаться относительно системы определения местоположения, например, как поворотная рука, так что место захвата не является фиксированным относительно системы определения местоположения.

В случае, если держатель блока 11 датчика изображения жестко прикреплен к системе 10 определения местоположения, например, генератор поля электромагнитной системы определения местоположения, может быть достаточно один раз откалибровать

местоположение захвата блока 10 датчика изображения к системе 10 определения местоположения, так что местоположение 10 захвата будет известно в системе координат системы 10 определения местоположения.

Блок 16'' датчика изображения может быть одной камерой, времяпролетным датчиком (TOF-датчиком) или узлом камер из 2 или более камер на фиксированном известном расстоянии, т.е. стереоскопической камерой.

Блок 16'' датчика изображения содержит проектор шаблона (не показан) для проецирования шаблона 22 на голову пациента. Проецирование шаблона 22 на поверхность головы 12 может привести к улучшенным записям изображения поверхности.

Кроме того, к голове пациента 12 прикреплен датчик 14 местоположения. При захвате изображения головы этот датчик местоположения также будет видим на этом изображении. Датчик 14 местоположения будет фотограмметрическим образом генерироваться из изображения вместе с головой 12 и, таким образом, может служить для привязки точки на модели поверхности к системе координат системы 10 определения местоположения.

На фигуре 6 показан блок 16''' датчика изображения, который жестко прикреплен к генератору 10 поля электромагнитной системы определения местоположения. Фиксированная установка блока 16''' датчика изображения и генератора 10 поля установлена на держателе 11' блока датчика изображения. В другом варианте осуществления (не показан) фиксированная установка блока датчика изображения и генератора поля не устанавливается на держателе блока датчика изображения, а может свободно перемещаться, например, пользователем вручную.

В показанном варианте осуществления держатель 11' блока датчика изображения располагается относительно головы 12, местоположение и ориентация которой относительно системы 10 определения местоположения должны быть определены. Держатель 11' блока датчика изображения может быть установлен в фиксированном положении или может быть подвижным относительно головы 12. Например, держатель 11' блока датчика изображения может быть реализован в виде поворотной руки.

Если генератор 10 поля и блок 16''' датчика изображения объединены в фиксированной установке, то это обеспечивает то преимущество, что местоположение и ориентация блока 16''' датчика изображения в системе координат системы определения местоположения, охватываемой генератором 10 поля, могут быть определены без использования датчиков движения и/или датчиков местоположения. Когда блок датчика изображения жестко прикреплен к генератору поля, использование датчиков движения и/или датчиков местоположения не требуется для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения.

В частности, также не требуется размещать датчик местоположения относительно объекта, который виден на захваченном изображении, чтобы можно было преобразовать фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения.

На самом деле, в фиксированной установке сам генератор 10 поля может рассматриваться как своего рода датчик местоположения, по которому может быть откалиброван блок 16''' датчика изображения. После калибровки к генератору 10 поля известны местоположение и ориентация блока датчика изображения (например, местоположение входного зрачка) относительно системы определения местоположения. На основании известного пространственного соотношения между блоком датчика изображения и генератором поля фотограмметрическим образом сгенерированная модель поверхности может быть напрямую преобразована в систему координат системы определения местоположения.

Например, функции преобразования для преобразований между блоком 16''' датчика изображения (более точно между входным зрачком камеры блока 16''' датчика изображения) и генератором поля могут быть определены посредством калибровки. Используя эти функции преобразования, координаты фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности, заданной в системе координат камеры блока 16''' датчика изображения, могут быть преобразованы в координаты, представляющие собой модель поверхности в системе координат системы определения местоположения.

Блок 16''' датчика изображения предпочтительно содержит 3-D камеру и может опционально быть оснащен датчиком движения и/или датчиком местоположения.

К голове 12 прикреплен опциональный датчик 14 местоположения, который предпочтительно виден на изображении головы 12, которое было захвачено блоком 16''' датчика изображения. Путем определения местоположения и ориентации этого датчика местоположения в системе координат системы определения местоположения, охватываемой генератором 10 поля, точка в системе координат модели поверхности головы 12, которая фотограмметрическим образом генерируется из захваченного изображения, которое также показывает датчик 14 местоположения, может быть присвоена координате в системе координат системы определения местоположения.

На фигуре 7 показана блок-схема последовательности операций, представляющая собой способ регистрации в соответствии с альтернативным вариантом осуществления.

Альтернативный способ регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно электромагнитной системы определения местоположения, в котором способ содержит этапы, на которых

A1: обеспечивают блок датчика изображения, который жестко прикреплен к генератору поля электромагнитной системы определения местоположения,

A2: определяют функцию преобразования для преобразований между системой координат модели поверхности и системой координат электромагнитной системы определения местоположения посредством калибровки,

A3: фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности объекта из захваченного изображения,

A4: захватывают изображение поверхности объекта с помощью упомянутого блока датчика изображения,

A5: преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения.

На фигуре 8 схематично показано, как местоположение и ориентация объекта могут быть определены относительно системы 800 определения местоположения, если блок 802 датчика изображения содержит датчик 804 местоположения.

В местоположении захвата (которое является местоположением входного зрачка, когда захватывается изображение) изображение объекта захватывается и из захваченного изображения фотограмметрическим образом генерируется модель 806 поверхности объекта.

Местоположение и ориентация датчика 804 местоположения известны в системе координат системы 800 определения местоположения.

Однако система координат датчика 804 местоположения и система координат блока 802 датчика изображения имеют смещение. Система координат блока 802 датчика изображения предпочтительно задается таким образом, что начало системы координат находится в местоположении входного зрачка 808 блока 802 датчика изображения. Смещение может быть определено посредством калибровки. Она может содержать определение функции преобразования для преобразований между системами координат датчика 804 местоположения и блока 802 датчика изображения. С учетом смещения координата в системе координат блока 802 датчика изображения может быть преобразована в систему координат системы 800 определения местоположения, так что местоположение и ориентация объекта 806 могут быть определены относительно системы 800 определения местоположения.

На фигуре 9 схематично показано, как местоположение и ориентация объекта могут быть определены относительно системы 900 определения местоположения, если блок 902 датчика изображения содержит только датчик 904 движения без датчика местоположения.

Местоположение и ориентация датчика 904 движения не могут быть определены системой 900 определения местоположения. Однако датчик 904 движения может обеспечить сигналы датчика движения, которые могут быть обработаны для записи траектории, вдоль которой блок 902 датчика изображения перемещался из или в местоположение захвата. Чтобы определить местоположение и ориентацию траектории (и, таким образом, местоположение захвата, в котором было захвачено изображение объекта 906) в системе координат системы определения местоположения, должно быть установлено известное пространственное соотношение по меньшей мере между одной точкой на траектории и местоположением 908, координата которого известна в системе координат системы 900 определения местоположения.

Это может быть выполнено путем перемещения блока 902 датчика изображения из местоположения захвата в это известное местоположение 908 или наоборот, так что известное местоположение 908 является либо начальной, либо конечной точкой траектории. Таким образом, начальная или конечная точка траектории имеет известную

координату в системе координат системы определения местоположения. Следовательно, координаты этой траектории, которые изначально заданы в системе координат датчика движения, могут быть преобразованы в координаты системы 900 определения местоположения используя то, что координата начальной или конечной точки траектории известны как в системе координат датчика движения, так и в системе координат системы определения местоположения. Таким образом, координаты местоположения захвата в системе координат блока 902 датчика изображения могут быть преобразованы в координаты в системе координат системы определения местоположения.

Система координат датчика 904 движения имеет смещение относительно системы координат блока 902 датчика изображения, начало которой предпочтительно находится в местоположении входного зрачка 910 блока 902 датчика изображения. Для определения координат начала системы координат блока датчика изображения в системе координат системы 900 определения местоположения это смещение должно быть определено, например, посредством калибровки. Посредством калибровки могут быть определены функции преобразования для преобразования координаты в системе координат блока 902 датчика изображения в систему координат датчика 904 движения. Если эти функции преобразования определены, координата в системе координат блока 902 датчика изображения может быть преобразована в систему координат системы 900 определения местоположения с учетом таким образом определенных функций преобразования.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения, способ содержит этапы, на которых

- захватывают изображение поверхности объекта с помощью блока датчика изображения, содержащего по меньшей мере один датчик движения и/или по меньшей мере один датчик местоположения,

- определяют местоположение захвата блока датчика изображения путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных упомянутым датчиком движения, и/или сигналов местоположения, обеспеченных упомянутым датчиком местоположения,

- фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности объекта из захваченного изображения, и

- преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения.

2. Способ по п. 1, содержащий этап, на котором

- обеспечивают по меньшей мере один блок датчика изображения, содержащий по меньшей мере один датчик движения для обнаружения линейного ускорения и/или скорости вращения с течением времени независимо от системы определения местоположения.

3. Способ по п. 2, в котором этап, на котором определяют местоположение захвата блока датчика изображения, содержит подэтапы, на которых

- перемещают блок датчика изображения вдоль пространственной траектории относительно системы определения местоположения,

- записывают упомянутую траекторию блока датчика изображения путем обработки сигналов датчика движения, обеспеченных датчиком движения,

- соотносят по меньшей мере одну точку упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения, и

- определяют местоположение захвата блока датчика изображения на основании определенной траектории и известного пространственного соотношения этой по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты.

4. Способ по п. 3, в котором блок датчика изображения перемещается вдоль траектории из или в известное местоположение в системе координат системы определения местоположения для установления пространственного соотношения между известным местоположением в системе координат системы определения местоположения и по меньшей мере одной точкой упомянутой определенной траектории.

5. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-4, в котором этап, на котором преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения, содержит подэтап, на котором

- соотносят по меньшей мере одну точку сгенерированной модели поверхности с координатой в системе координат датчика движения и/или датчика местоположения посредством калибровки.

6. Способ по п. 5, отличающийся тем, что

- определяются функции преобразования для преобразований координат между системой координат датчика движения и/или датчика местоположения и системой координат блока датчика изображения посредством калибровки, и

- определяется координата местоположения захвата блока датчика изображения в системе координат датчика движения и/или местоположения, соответственно.

7. Способ по п. 6, в котором упомянутые определенные функции преобразования используются для преобразования координат, представляющих собой фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в системе координат модели поверхности, в координаты, представляющие собой модель поверхности в системе координат системы определения местоположения.

8. Способ по п. 3 или 4, в котором

- траектория, вдоль которой перемещается блок датчика изображения, начинается в упомянутой координате в системе координат системы определения местоположения и заканчивается в местоположении захвата, и блок датчика изображения перемещается вдоль этой траектории перед захватом изображения, и

- местоположение захвата определяется в системе координат системы определения местоположения на основании записанной траектории и известного пространственного соотношения по меньшей мере начальной точки траектории и упомянутой координаты.

9. Способ по п. 3 или 4, в котором

- траектория, вдоль которой перемещается блок датчика изображения, начинается в местоположении захвата и заканчивается в упомянутой координате в системе координат системы определения местоположения, и блок датчика изображения перемещается вдоль этой траектории после захвата изображения, и

- местоположение захвата определяется в системе координат системы определения местоположения на основании записанной траектории и известного пространственного соотношения по меньшей мере конечной точки траектории и упомянутой координаты.

10. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-9, содержащий обнаружение движения объекта при захвате изображений и обеспечение сигналов движения, представляющих собой обнаруженное движение вместе с метками времени, посредством датчика местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения, расположенного на объекте.

11. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-10, содержащий обнаружение местоположения и ориентации датчика местоположения, содержащегося в блоке датчика изображения, в системе координат системы определения местоположения и по определенному местоположению и ориентации датчика местоположения вычисление местоположения и ориентации блока датчика изображения в системе координат упомянутой системы определения местоположения.

12. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-11, содержащий захват изображения объекта вместе с опорным датчиком местоположения для обнаружения

местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения, размещенным на объекте, располагающимся относительно объекта, и генерацию фотограмметрическим образом модели поверхности вместе с опорным датчиком местоположения из захваченного изображения, так что местоположение опорного датчика местоположения в системе координат фотограмметрическим образом сгенерированной модели поверхности определяется при одновременном обеспечении информации о местоположении в терминах координат системы координат системы определения местоположения.

13. Способ по п. 12, содержащий использование упомянутой информации о местоположении для проверки определенного местоположения сгенерированной модели поверхности в системе координат системы определения местоположения на основании обработанных сигналов датчика движения и/или сигналов местоположения путем вычисления отклонения упомянутого определенного местоположения на основании обработанных сигналов датчика движения и/или сигналов местоположения от местоположения упомянутого опорного датчика местоположения в системе координат системы определения местоположения после преобразования модели поверхности в систему координат упомянутой системы определения местоположения.

14. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-13, в котором блок датчика изображения содержит монофокальный датчик изображения, и в котором при перемещении монофокального датчика изображения захватывается множество изображений объекта, каждое в разном местоположении захвата, находящемся на упомянутой траектории.

15. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-14, в котором блок датчика изображения содержит оптическую стереографическую камеру, или оптическую мультикамеру, или времяпролетную камеру.

16. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-15, содержащий проецирование шаблона, который может быть обнаружен блоком датчика изображения, на поверхность объекта при захвате изображения.

17. Способ по п. 16, в котором шаблон проецируется с использованием инфракрасного света, и в котором блок датчика изображения содержит чувствительный к инфракрасному излучению датчик изображения для обнаружения упомянутого шаблона.

18. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-17, содержащий присвоение метки времени каждому захваченному изображению.

19. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-18, содержащий потоковую передачу данных изображения, представляющих собой захваченные изображения, из блока датчика изображения в блок отслеживания.

20. Способ по меньшей мере по одному из пп. 1-19, в котором искажение переменного электромагнитного поля определяется путем фотограмметрического обнаружения множества датчиков местоположения, расположенных в различных местах, или подвижного датчика местоположения, перемещающегося при захвате изображения с

упомянутым блоком датчика изображения, при этом местоположение и ориентация датчика местоположения в системе координат системы определения местоположения напрямую определяются через систему определения местоположения.

21. Установка для регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения, содержащая

- систему определения местоположения, выполненную с возможностью определения местоположения и ориентации датчика местоположения,
- по меньшей мере один блок датчика изображения, содержащий по меньшей мере один датчик движения, при этом
- блок датчика изображения выполнен с возможностью захвата изображения объекта и генерации фотограмметрическим образом модели поверхности объекта по меньшей мере из одного захваченного изображения, и
- датчик движения выполнен с возможностью обеспечения сигналов датчика движения, представляющих собой последовательность местоположений движущегося блока датчика изображения относительно системы определения местоположения с течением времени,
- блок отслеживания, выполненный с возможностью
- записи упомянутой траектории блока датчика изображения путем обработки сигнала датчика движения, обеспеченного датчиком движения,
- блок определения местоположения, выполненный с возможностью
- определения местоположения захвата блока датчика изображения, при этом изображение объекта захватывается на основании определенной траектории и известного пространственного соотношения по меньшей мере одной точки на определенной траектории и упомянутой координаты,
- соотнесения по меньшей мере одной точки упомянутой определенной траектории с координатой в системе координат системы определения местоположения, и
- соотнесения местоположения сгенерированной модели поверхности с местоположением захвата блока датчика изображения посредством калибровки, и
- блок преобразования координат, выполненный с возможностью
- преобразования сгенерированной модели поверхности в систему координат системы определения местоположения.

22. Установка по п. 21, содержащая проектор шаблона, соединенный по меньшей мере с одним блоком датчика изображения или содержащий по меньшей мере один блок датчика изображения, и при этом проектор шаблона выполнен с возможностью проецирования шаблона на тело.

23. Установка по п. 21 или 22, содержащая держатель блока датчика изображения, содержащий адаптер с геометрическим замыканием, выполненный с возможностью воспроизводимого размещения блока датчика изображения в заранее заданном и фиксированном местоположении, при этом местоположение и ориентация держателя датчика изображения относительно системы определения местоположения определяется

путем

- обнаружения местоположения и ориентации датчика местоположения, который прикреплен к держателю блока датчика изображения,

или

- фиксации держателя блока датчика изображения относительно системы определения местоположения.

24. Способ регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно электромагнитной системы определения местоположения, способ содержит этапы, на которых

- обеспечивают блок датчика изображения, который жестко прикреплен к генератору поля электромагнитной системы определения местоположения,

- определяют функцию преобразования для преобразований между системой координат модели поверхности и системой координат электромагнитной системы определения местоположения посредством калибровки,

- захватывают изображение поверхности объекта с помощью упомянутого блока датчика изображения,

- фотограмметрическим образом генерируют модель поверхности объекта из захваченного изображения,

- преобразуют фотограмметрическим образом сгенерированную модель поверхности в систему координат системы определения местоположения.

25. Способ регистрации по п. 24, в котором блок датчика изображения содержит датчик движения и/или датчик местоположения.

26. Способ по п. 24 или 25, в котором блок датчика изображения содержит оптическую стереографическую камеру или оптическую мультикамеру или времяпролетную камеру.

27. Способ по меньшей мере по одному из пп. 24-26, содержащий проецирование шаблона, который может быть обнаружен блоком датчика изображения, на поверхность объекта при захвате изображения.

28. Способ по меньшей мере по одному из пп. 24-27, содержащий присвоение метки времени каждому захваченному изображению.

29. Способ по меньшей мере по одному из пп. 24-28, содержащий потоковую передачу данных изображения, представляющих собой захваченные изображения, из блока датчика изображения в блок отслеживания.

30. Способ по меньшей мере по одному из пп. 24-29, содержащий захват изображения объекта вместе с опорным датчиком местоположения для обнаружения местоположения и ориентации в системе координат системы определения местоположения, размещенным на объекте, располагающимся относительно объекта, и генерацию фотограмметрическим образом модели поверхности вместе с опорным датчиком местоположения из захваченного изображения, так что местоположение опорного датчика местоположения в системе координат фотограмметрическим образом

сгенерированной модели поверхности определяется при одновременном обеспечении информации о местоположении в терминах координат системы координат системы определения местоположения.

31. Установка для регистрации для определения местоположения и ориентации объекта относительно системы определения местоположения, содержащая

- электромагнитную систему определения местоположения, содержащую генератор поля для испускания переменного электромагнитного поля,

- блок датчика изображения, который жестко прикреплен к генератору поля, при этом блок датчика изображения выполнен с возможностью захвата изображения объекта и генерации фотограмметрическим образом модели поверхности объекта по меньшей мере из одного захваченного изображения, и

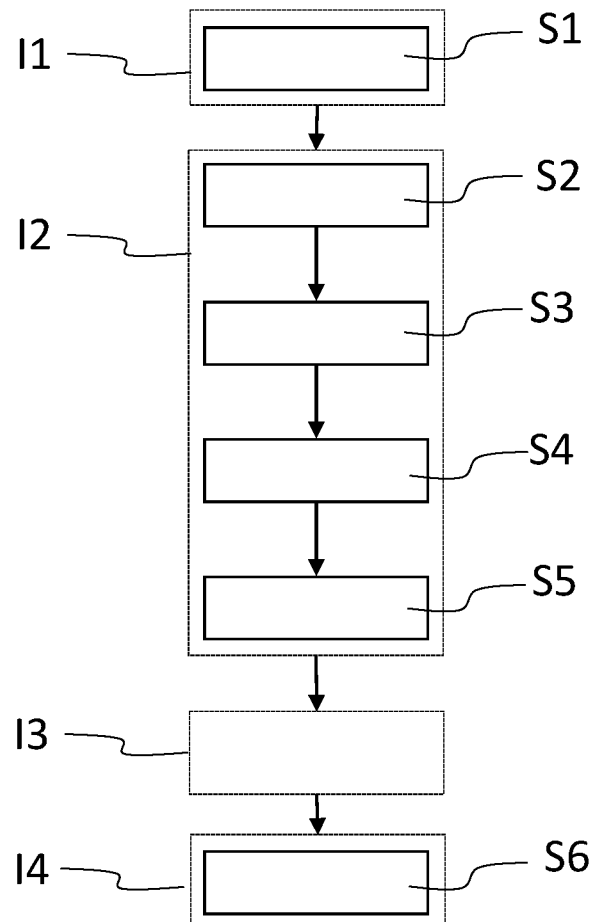
- калибровочный блок, выполненный с возможностью определения функции преобразования для преобразований между системой координат модели поверхности и системой координат электромагнитной системы определения местоположения посредством калибровки, и

- блок преобразования координат, выполненный с возможностью использования функций преобразования для преобразования координат, представляющих собой модель поверхности в системе координат модели поверхности, в систему координат системы определения местоположения.

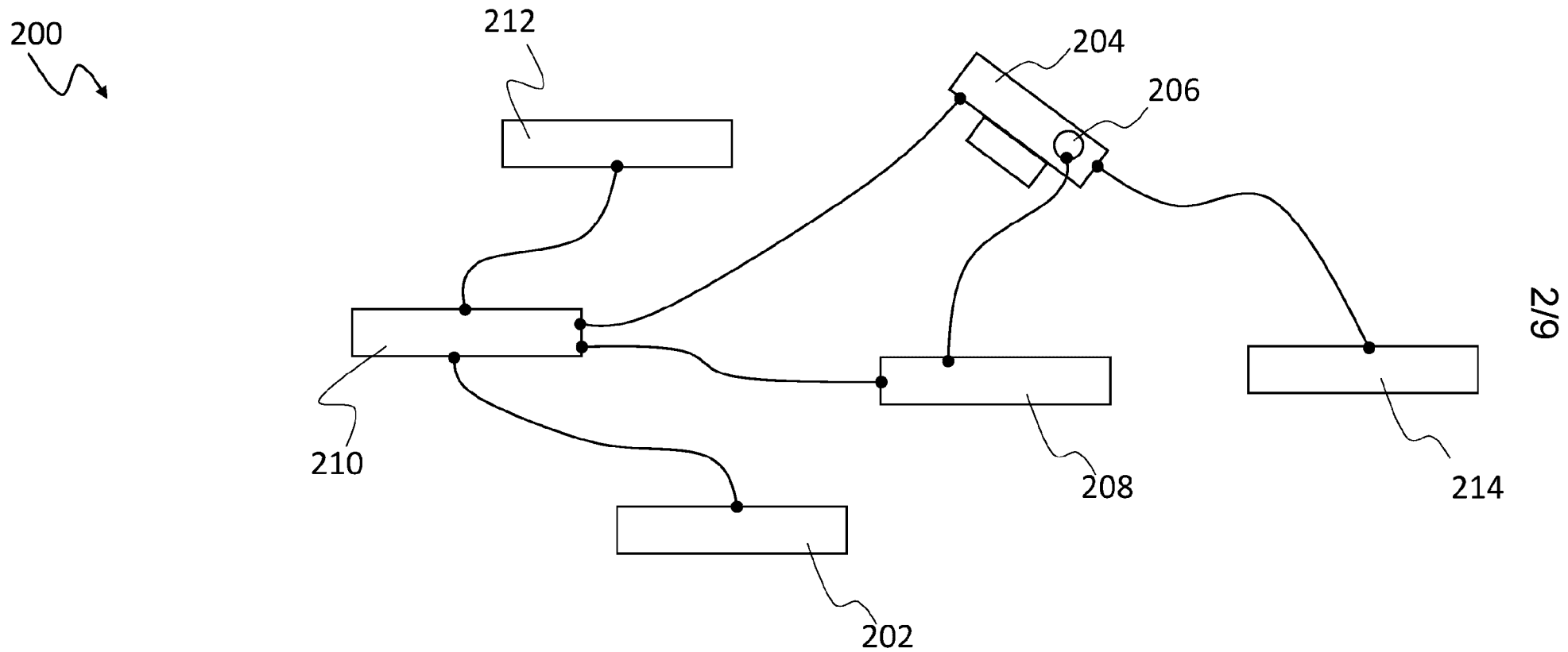
32. Установка по п. 31, содержащая проектор шаблона, который соединен с блоком датчика изображения или который содержит блок датчика изображения, и при этом проектор шаблона выполнен с возможностью проецирования шаблона на тело.

33. Способ регистрации по п. 31 или 32, в котором блок датчика изображения содержит датчик движения и/или датчик местоположения.

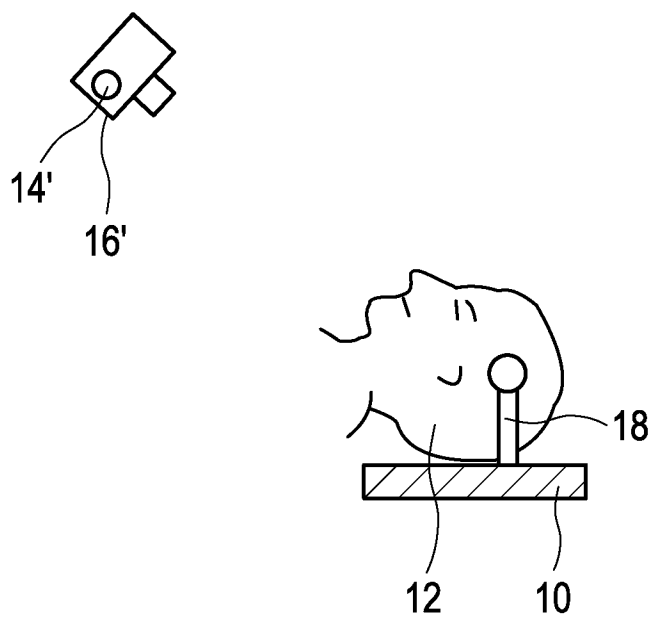
По доверенности



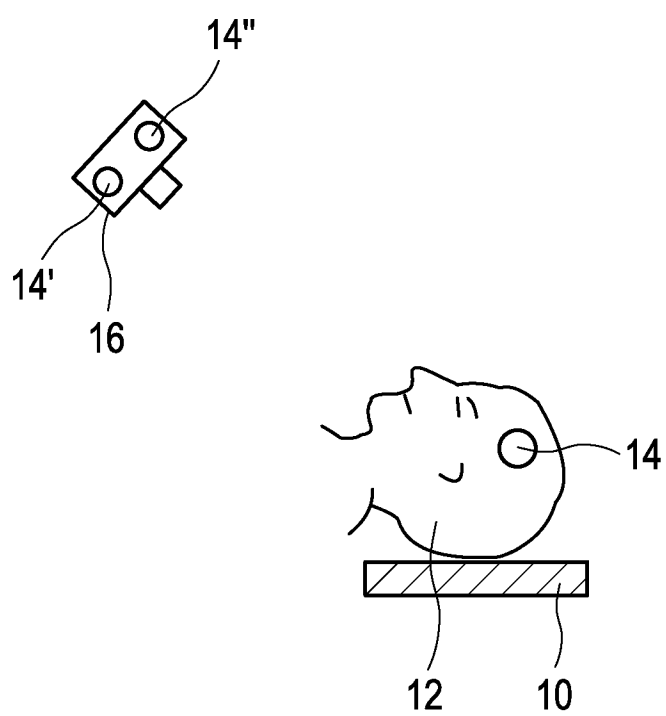
ФИГ. 1



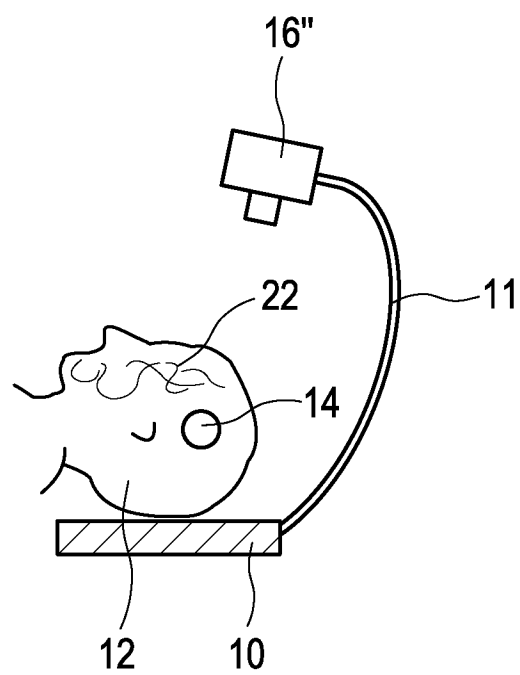
ФИГ. 2



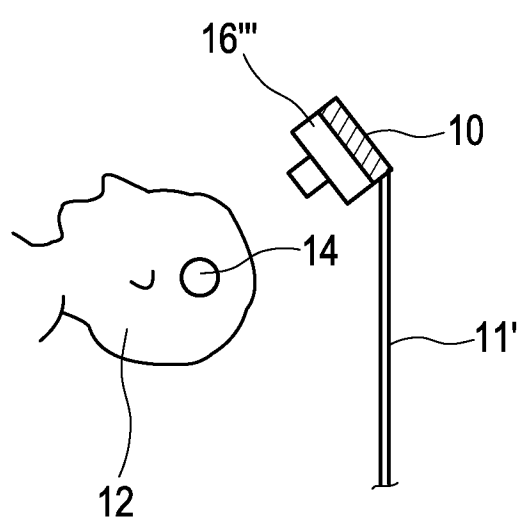
ФИГ. 3



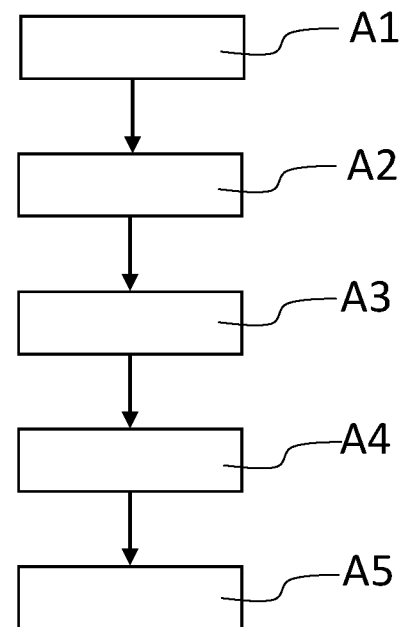
ФИГ. 4



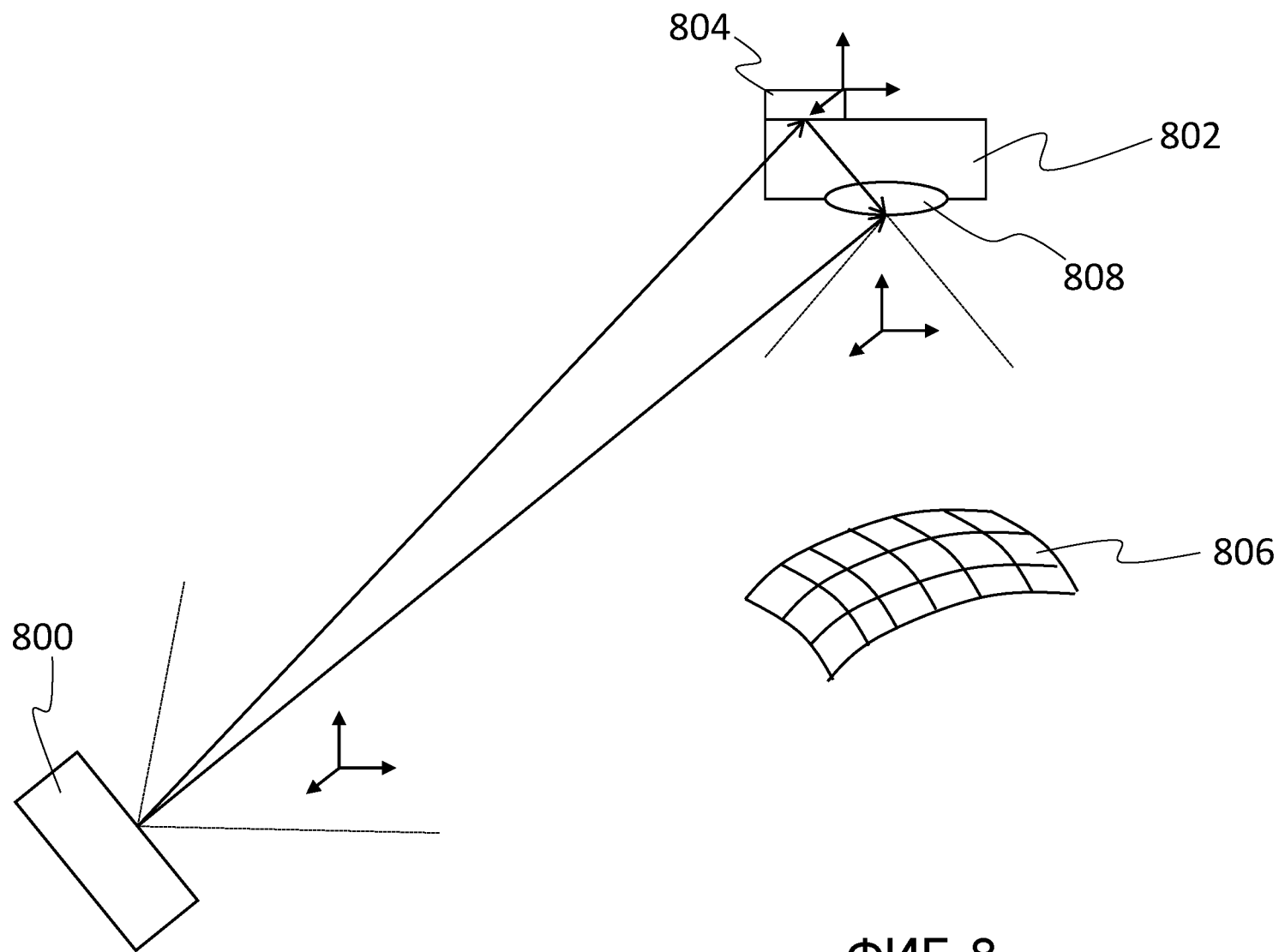
ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7



ФИГ. 8

