



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

(21)(22) Заявка: 2015110290, 26.08.2013

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
24.08.2012 US 61/692,943

(43) Дата публикации заявки: 20.10.2016 Бюл. № 29

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 24.03.2015(86) Заявка РСТ:  
US 2013/056654 (26.08.2013)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2014/032046 (27.02.2014)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городиский и Партнеры"

(71) Заявитель(и):

**ЮНИВЕРСИТИ ОФ ХЬЮСТОН (US)**

(72) Автор(ы):

**ТСЕКОС Николаос (US)****(54) РОБОТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО И СИСТЕМЫ ДЛЯ ХИРУРГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
РОБОТА И ПОД ВИЗУАЛИЗАЦИОННЫМ КОНТРОЛЕМ****(57) Формула изобретения**

1. Роботизированная система для хирургической процедуры с применением робота, содержащая:

по меньшей мере одно устройство робота-манипулятора с визуализационным контролем;

средства для приведения устройства робота-манипулятора в движение, механически связанные с ним; и

компьютер, имеющий память, процессор и по меньшей мере одно сетевое соединение на электронной связи с роботом-манипулятором и средствами для приведения в движение.

2. Роботизированная система по п. 1, дополнительно содержащая по меньшей мере одно подвижное, вращающееся и обеспечивающее возможность механического соединения основание, на котором закрепляется устройство робота-манипулятора, при этом указанное основание подвижно ориентируется для соответствия области хирургической процедуры на пациенте.

3. Роботизированная система по п. 1, дополнительно содержащая:

по меньшей мере один датчик, сконфигурированный для передачи и приема сигналов от системы визуализации, работающих для направления метода визуализации; и, необязательно,

множество контрастных маркеров, расположенных на или вокруг устройства робота-

манипулятора, работающих для его точной регистрации.

4. Роботизированная система по п. 1, в которой устройство робота-манипулятора содержит по меньшей мере одну подвижную платформу, сконфигурированную для передвижения с одной или более степенями свободы.

5. Роботизированная система по п. 4, в которой две или более подвижных платформ располагаются параллельно друг другу, при этом указанная роботизированная система дополнительно содержит по меньшей мере одну механическую связь между ними.

6. Роботизированная система по п. 1, в которой устройство робота-манипулятора содержит:

по меньшей мере один первый модуль, сконфигурированный для общего позиционирования;

по меньшей мере один второй модуль, при этом один из указанных вторых модулей подвижно соединен с первым модулем;

по меньшей мере, один третий модуль, содержащий одно или более хирургических устройств или модальностей, при этом один из указанных третьих модулей подвижно соединен с одним из вторых модулей и разворачивается в тело через второй модуль; и

множество интерфейсов на электронной связи с первыми, вторыми или третьими модулями, или комбинацией указанного, и компьютером, при этом каждый из указанных модулей, независимо или в комбинации, сконфигурирован для его совместной регистрации через интерфейс.

7. Роботизированная система по п. 6, дополнительно содержащая один или более датчиков визуализации или датчиков, не относящихся к визуализации, расположенных внутренним или внешним образом по отношению к телу пациента, при этом указанные датчики являются регистрируемыми с первыми, вторыми или третьими модулями, или с их комбинацией.

8. Роботизированная система по п. 7, в которой второй модуль, третий модуль, или оба, устройства робота-манипулятора дополнительно содержат вращающийся элемент, соединенный с возможностью вращения с одним или более датчиками.

9. Роботизированная система по п. 1, в которой устройство робота-манипулятора находится под визуализационным контролем во время хирургии через регистрацию в системе координат системы визуализации.

10. Роботизированная система по п. 9, в которой система визуализации включает магнитно-резонансную визуализацию или спектроскопию, или их комбинацию, ультразвуковую визуализацию, рентгеновскую компьютерную томографию, рентгеновскую маммографию, оптическое отображение или видео.

11. Роботизированная система по п. 1, в которой средство для приведения устройства робота-манипулятора в движение содержит:

по меньшей мере одну линию передачи движения, механически или электронно связанную с роботом-манипулятором; и

источник движущей силы, механически соединенный с линией передачи движения и электронно соединенный с модулем управления роботом, содержащим компьютер, или с управляемым вручную контроллером робота.

12. Роботизированная система по п. 11, в которой линия передачи движения содержит:

множество сфер, содержащих смешаемую среду;

подвижный гибкий трубопровод, содержащий множество сфер; и

линейно передвигаемый первый подобный поршню компонент, расположенный на одном или на обоих концах гибкого трубопровода, при этом упомянутый поршень находится в механическом взаимодействии с гибким трубопроводом и источником движущей силы таким образом, что его движение передается через множество сфер к устройству робота-манипулятора или по меньшей мере к одному основанию, на котором

он закреплен.

13. Роботизированная система по п. 11, в которой гибкий трубопровод дополнительно содержит:

одно или более отверстий, расположенных вдоль его длины; и

второе подобное поршню соединение, расположенное между двумя смежными сферами и простирающееся через отверстие; или

структуру, внешнюю по отношению к гибкому трубопроводу, входящую в подвижный контакт с одной или более сферами через отверстие, при этом второй подобный поршню компонент или внешняя структура находятся непосредственно или опосредованно в механическом взаимодействии с источником движущей силы таким образом, что движение передается через него.

14. Роботизированная система по п. 12, в которой гибкий трубопровод дополнительно содержит:

множество колец, расположенных в гибком трубопроводе, при этом каждое из колец размещается между одной или более парами смежных сфер, и при этом множество колец замещает одну или более сфер в гибком трубопроводе, и при этом указанные кольца содержат средства для центрирования сфер и уменьшения трения в трубопроводе.

15. Роботизированная система по п. 12, в которой гибкий трубопровод дополнительно содержит:

внутреннюю смазочную манжету, расположенную между внутренней поверхностью гибкого трубопровода и множеством сфер; и

внешнюю поперечно укрепляющую манжету, расположенную вокруг наружной поверхности гибкого трубопровода и простирающуюся частично или полностью вдоль его длины.

16. Роботизированная система по п. 11, в которой линия передачи движения содержит: множество твердых плунжеров;

твердый трубопровод, содержащий один или более плунжеров, линейно расположенных в нем, при этом трубопровод находится в механическом взаимодействии с источником движущей силы таким образом, что его движение передается через множество плунжеров к устройству робота-манипулятора или по меньшей мере к одному основанию, на котором он закреплен; и

средства для поддержания жесткости и трения при линейном смещении плунжеров, расположенные линейно в твердом трубопроводе.

17. Роботизированная система по п. 16, в которой твердый трубопровод дополнительно содержит:

одну или более сфер, содержащих смещаемую среду, линейно расположенных в нем; и

внутреннюю смазочную манжету, расположенную между внутренней поверхностью твердого трубопровода и одной или более сферами.

18. Роботизированная система по п. 11, в которой линия передачи движения содержит в чередующейся последовательности:

один или более сегментов твердого трубопровода, содержащих множество твердых плунжеров и средств для поддержания жесткости и трения при линейном смещении плунжеров, при этом оба линейно смещаются в твердом трубопроводе, и плунжеры находятся в механическом взаимодействии с источником движущей силы, приведенными в движение частями основания, на котором закреплено устройство робота-манипулятора, или приведенными в движение частями инструмента; и

один или более подвижных сегментов гибкого трубопровода, содержащих в линейном расположении множество сфер, содержащих смещаемую среду и множество колец, каждое из которых размещается между смежными сферами, при этом гибкий

трубопровод присоединен к твердому трубопроводу таким образом, что движение твердого трубопровода передается через твердые плунжеры ко множеству сфер и к устройству робота-манипулятора, или к основанию, или к инструменту.

19. Роботизированная система по п. 11, в которой по меньшей мере одна линия передачи движения конфигурируется для приведения в движения одной степени свободы устройства робота-манипулятора.

20. Роботизированная система по п. 1, в которой компьютер физически хранит в памяти модули программного обеспечения, имеющие исполнимые процессором инструкции для:

установления множества интерфейсов между, по меньшей мере, роботизированным манипулятором, модальностью визуализации, чтобы направлять и управлять функционированием роботизированного манипулятора, множеством датчиков визуализации или датчиков, не относящихся к визуализации, для сбора данных о состоянии ткани в области процедуры, множеством датчиков для сбора данных о роботизированном манипуляторе и измерения передвижения с одной или более степенями свободы, и оператором системы;

приема данных, собранных модальностью визуализации и множеством датчиков, и генерации в реальном времени модели области процедуры и, при необходимости, обработки данных;

генерации и регулирования типа и временного согласования сбора данных и передачи инструкций об этом датчикам сбора данных визуализации и данных, не относящихся к визуализации;

и генерации статических или динамических путей и траекторий для роботизированного манипулятора, подходящих для устранения или решения столкновений и точного достижения ткани;

генерации инструкций для управления роботизированным манипулятором и их передачи модулю управления роботом;

отправки силовой и визуальной обратной связи оператору и приема команд от оператора.

21. Роботизированная система по п. 1, в которой компоненты, содержащие роботизированную систему, содержат материалы, совместимые с модальностью визуализации, сконфигурированной для применения при хирургической процедуре.

22. Способ для выполнения хирургической процедуры с применением робота под визуализационным контролем в режиме реального времени на пациенте, включающий в себя этапы:

позиционирования роботизированной системы по п. 1 вблизи пациента;

настройки ориентации и положения по меньшей мере одного подвижного, вращающегося и обеспечивающего возможность механического соединения основания, на котором закрепляется устройство робота-манипулятора;

визуализации пациента посредством модальность визуализации;

направления в режиме реального времени роботизированного манипулятора, содержащего роботизированную систему, к области для процедуры на пациенте с помощью информации, полученной электронным образом во время визуализации; и

выполнения хирургической процедуры на пациенте через роботизированный манипулятор под визуализационным контролем.

23. Способ по п. 22, дополнительно включающий в себя получение информации от одного или более датчиков изображений или датчиков, не относящихся к изображению, зарегистрированных в роботизированном манипуляторе, содержащем первый блок общего позиционирования, второй блок, при этом первый блок и третий блок содержат датчики для получения дополнительной информации о ткани в области процедуры.

24. Способ по п. 22, в котором этап настройки включает в себя:  
вращение, линейное перемещение или вращение и линейное перемещение основания роботизированного манипулятора, с тем чтобы он соответствовал положению пациента для визуализации таким образом, чтобы рабочее пространство роботизированного манипулятора содержало область процедуры; и

закрепление основания, содержащего роботизированный манипулятор, в настроенном положении.

25. Способ по п. 22, в котором модальность визуализации представляет собой магнитный резонанс, где роботизированная система помещается вблизи пациента в камере MRI.

26. Способ по п. 22, в котором позиционирование роботизированного манипулятора управляется компьютером или управляется вручную оператором.

27. Способ по п. 22, в котором этап визуализации включает в себя:  
совместную регистрацию модальности визуализации с роботом-манипулятором до этапа направления.

28. Способ по п. 22, в котором этап направления включает в себя:  
приведение в движение роботизированного манипулятора в пределах одной или более степеней свободы на основании системы координат модальности визуализации через линии передачи движения, механически связанные с ним.

29. Способ по п. 22, в котором этап выполнения включает в себя:  
развертывание одного или более хирургических устройств, зарегистрированных в роботизированном манипуляторе, в пациента.

30. Робот, направляемый посредством магнитно-резонансной визуализации (MRI) для выполнения хирургической процедуры, содержащий:

блок общего позиционирования, имеющий по меньшей мере одну подвижную платформу для передвижения по меньшей мере с одной степенью свободы и множество модулей, связанных с помощью интерфейса с системой магнитно-резонансной визуализации;

по меньшей мере одно подвижное, вращающееся и обеспечивающее возможность механического соединения основание, на котором может быть закреплен блок общего позиционирования, при этом основание подвижно ориентируется, чтобы соответствовать области хирургической процедуры на пациенте; и

по меньшей мере одну линию передачи движения, содержащую гибкий компонент, имеющий множество линейно размещенных сфер, содержащих смещаемую среду, твердый компонент, имеющий множество линейно размещенных плунжеров или чередующуюся комбинацию указанного, механически или электронно связанную с блоком общего позиционирования и с источником движущей силы, и электронно соединенную с модулем управления роботом, содержащим компьютер или с управляемым вручную контроллером робота, таким образом, что по меньшей мере одна линия передачи движения конфигурируется для приведения в движение одной степени свободы блока общего позиционирования; и

по меньшей мере один проводной или беспроводной сетевой канал с компьютером, который физически хранит в памяти модули программного обеспечения, имеющие исполнимые процессором инструкции для функционирования системы магнитно-резонансной визуализации и робота.

31. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, дополнительно содержащий:

по меньшей мере, одну радиочастотную катушку, расположенную вблизи блока общего позиционирования или вблизи первого модуля общего позиционирования, содержащего блок общего позиционирования, или вблизи любого другого местоположения на работе, подходящего для визуализации его рабочего пространства,

при этом радиочастотная катушка конфигурируется для отправки и приема сигналов от системы визуализации MR; и, необязательно,

множество контрастных маркеров, расположенных на роботе или вокруг робота, подходящих для его точной регистрации указанного.

32. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, в котором две или более подвижные платформы располагаются параллельно друг другу, при этом указанный робот дополнительно содержит по меньшей мере одну механическую связь между ними.

33. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, в котором множество модулей содержит:

по меньшей мере один первый модуль, сконфигурированный для общего позиционирования;

по меньшей мере один второй модуль, при этом один из вторых модулей подвижно соединен с первым модулем;

по меньшей мере один третий модуль, содержащий одно или более хирургических устройств или модальностей визуализации, при этом один из указанных третьих модулей подвижно связан с одним из вторых модулей и может быть развернут в тело через второй модуль; и

множество интерфейсов на электронной связи с первыми, вторыми или третьими модулями или их комбинацией и компьютером, при этом каждый из модулей независимо или в комбинации сконфигурирован для их совместной регистрации через интерфейс.

34. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, дополнительно содержащий один или более датчиков изображений или датчиков, не относящихся к изображениям, размещенных внутренним или внешним образом относительно тела пациента, при этом указанные датчики выполнены с возможностью быть зарегистрированными с первыми, вторыми или третьими модулями, или их комбинацией.

35. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 34, в котором второй модуль, третий модуль, или оба, из блока общего позиционирования дополнительно содержат вращающийся элемент, вращательно соединенный с одним или более датчиками.

36. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, в котором множество сфер содержится в подвижном, гибком трубопроводе, дополнительно содержащий:

множество колец, расположенных между одной или более парами смежных сфер, при этом множество колец замещает одну или более сфер в гибком трубопроводе, и при этом указанные кольца содержат средства для центрирования сфер и уменьшения трения в трубопроводе; и

линейно передвигаемый первый подобный поршню компонент, расположенный на одном или на обоих концах гибкого трубопровода, при этом поршень находится в механическом взаимодействии с гибким трубопроводом и источником движущей силы таким образом, что его движение передается через множество сфер к устройству роботоманипулятора или по меньшей мере к одному основанию, на котором он закреплен.

37. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 36, в которой гибкий трубопровод дополнительно содержит:

одно или более отверстий, расположенных вдоль его длины; и

второе подобное поршню соединение, расположенное между двумя смежными сферами и простирающееся через отверстие; или

структуру, внешнюю по отношению к гибкому трубопроводу, входящую в подвижный контакт с одной или более сферами через отверстие, при этом второй подобный поршню компонент или внешняя структура находятся непосредственно или опосредованно в механическом взаимодействии с источником движущей силы таким образом, что движение передается через него.

38. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 35, в котором гибкий трубопровод

дополнительно содержит:

внутреннюю смазочную манжету, расположенную между внутренней поверхностью гибкого трубопровода и множеством сфер; и

внешнюю поперечно укрепляющую манжету, расположенную вокруг наружной поверхности гибкого трубопровода и простирающуюся частично или полностью вдоль его длины.

39. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, в котором множество твердых плунжеров содержится в твердом трубопроводе в механическом взаимодействии с источником движущей силы таким образом, что его движение передается через множество плунжеров к устройству робота-манипулятора или по меньшей мере к одному основанию, на котором он закреплен, при этом указанный твердый трубопровод дополнительно содержит:

опоры, расположенные внутри линейно таким образом, чтобы поддерживать жесткость и трение при линейном смещении плунжеров.

40. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 39, в котором твердый трубопровод дополнительно содержит одну или более сфер, расположенных между смежными твердыми плунжерами; и

внутреннюю смазочную манжету, расположенную между внутренней поверхностью твердого трубопровода и одной или более сферами.

41. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, в котором в комбинации гибких и твердых компонентов в линии передачи движения, указанный гибкий компонент присоединен к твердому компоненту таким образом, что движение твердого компонента передается линейно через него к гибкому компоненту и, таким образом, к блоку общего позиционирования или по меньшей мере к одному основанию, на котором он закреплен.

42. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, в котором модули программного обеспечения, физически хранящиеся в памяти компьютера, содержат исполнимые процессором инструкции для:

установления множества интерфейсов между, по меньшей мере, блоком общего позиционирования, системой MRI-визуализации для направления и функционирования блока общего позиционирования, множеством датчиков изображений или датчиков, не относящихся к изображениям, для сбора данных о состоянии ткани в области процедуры, множеством датчиков для сбора данных о роботизированном манипуляторе и измерения движения с одной или более степенями свободы, и оператором системы;

получения данных, собранных посредством метода визуализации и множества датчиков, и генерации в реальном времени модели области процедуры и, при необходимости, обработки данных;

генерации и регуляции типа и временного согласования сбора данных и передачи инструкций об этом датчикам сбора данных визуализации и датчикам сбора данных, не относящихся к визуализации; и

генерации статических или динамических путей и траекторий для роботизированного манипулятора, работающих для избегания или решения коллизий и точного достижения ткани;

генерации инструкций для управления роботизированным манипулятором и их передачи модулю управления роботом;

отправки силовой и визуальной обратной связи оператору; и приема команд от оператора.

43. Робот, направляемый посредством MRI, по п. 30, при этом робот и компоненты, содержащие его, содержат материалы, совместимые с методом магнитно-резонансной визуализации.

44. Способ под контролем магнитно-резонансной визуализации для выполнения

хирургии на пациенте с применением робота, включающий в себя этапы:

вращения, линейного перемещения или вращения и линейного перемещения основания блока общего позиционирования для обеспечения соответствия положению пациента для визуализации таким образом, чтобы рабочее пространство блока общего позиционирования содержало область процедуры; и

фиксации основания, содержащего роботизированный манипулятор, в настроенном местоположении;

совместной регистрации системы MR-визуализации с блоком общего позиционирования;

направления в режиме реального времени блока общего позиционирования в пределах одной или более степеней свободы для выравнивания с областью на пациенте для хирургического вмешательства через систему координат, содержащую систему MR-визуализации; и

разворачивания одного или более хирургических устройств, зарегистрированных в блоке общего позиционирования, в пациента, посредством чего на пациенте выполняется хирургическое вмешательство под контролем посредством магнитно-резонансной визуализации в режиме реального времени.

45. Способ по п. 44, дополнительно включающий в себя получение информации от одного или более датчиков визуализации или датчиков, не связанных с визуализацией, зарегистрированных в роботизированном манипуляторе, который содержит первый блок общего позиционирования, второй блок, при этом первый блок и третий блок содержат датчики для получения дополнительной информации о ткани в области процедуры.

46. Способ по п. 44, в котором блок общего позиционирования управляется компьютером или управляется вручную оператором.