

## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101583820 B

(45) 授权公告日 2011. 05. 18

(21) 申请号 200780049718. 8

(22) 申请日 2007. 11. 13

(30) 优先权数据

60/858, 917 2006. 11. 13 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 07. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/023909 2007. 11. 13

(87) PCT申请的公布数据

W02008/076194 EN 2008. 06. 26

(73) 专利权人 雷神萨科斯公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 S · C · 雅各布森

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 吴鹏 马江立

(51) Int. Cl.

F16L 55/32 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1603068 A, 2005. 04. 06,

EP 0105418 A1, 1984. 04. 18,

FR 2638813 , 1990. 05. 11,

DE 19714464 A1, 1997. 10. 30,

DE 19714464 A1, 1997. 10. 30,

DE 19714464 A1, 1997. 10. 30,

CN 1603068 A, 2005. 04. 06,

审查员 李春

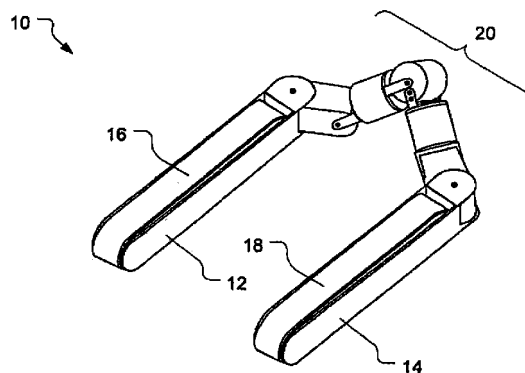
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 8 页

(54) 发明名称

蛇形机器人履带车

(57) 摘要

本发明涉及一种能以多种方式运动的蛇形机器人履带车。该蛇形机器人履带车包括通过至少一个驱动式联接件联接在一起的多个机架单元。各机架单元包括能使蛇形机器人履带车向前运动的连续履带。至少一个驱动式联接件具有多个运动自由度,从而使蛇形机器人履带车能采用多种姿势。



1. 一种蛇形机器人履带车,包括:

第一机架,该第一机架具有由该第一机架可旋转地支承的第一连续履带;

联接到第一机架的第一腕状驱动式联接件,其中,第一腕状驱动式联接件提供绕一纵向轴线的旋转运动和绕两个不同的横向轴线的弯曲运动;

联接到第一腕状驱动式联接件的肘状驱动式接头,其中,肘状驱动式接头提供绕一横向轴线的弯曲运动;

联接到肘状驱动式接头的第二腕状驱动式联接件,其中,第二腕状驱动式联接件提供绕一纵向轴线的旋转运动和绕两个不同的横向轴线的弯曲运动;以及

第二机架,该第二机架联接到第二腕状驱动式联接件,并具有由第二机架可旋转地支承的第二连续履带。

2. 如权利要求 1 所述的蛇形机器人履带车,其特征在于,所述第一腕状驱动式联接件包括:

第一偏转臂,该第一偏转臂通过第一偏转弯曲接头联接到第一机架,该第一偏转弯曲接头提供绕一横向轴线的偏转弯曲,该横向轴线相对于第一机架的既定工作位置基本竖直地取向;

第一俯仰臂,该第一俯仰臂通过第一俯仰弯曲接头联接到第一偏转臂,该第一俯仰弯曲接头提供绕一横向轴线的俯仰弯曲,该横向轴线相对于第一机架的既定工作位置基本水平地取向;以及

联接到第一俯仰臂的第一旋转接头。

3. 如权利要求 1 所述的蛇形机器人履带车,其特征在于,所述第一腕状驱动式联接件包括:

第一弯曲接头,该第一弯曲接头提供绕一相对于第一连续履带的既定工作位置基本竖直的轴线的偏转弯曲;

第二弯曲接头,该第二弯曲接头提供绕一相对于第一连续履带的既定工作位置基本水平的轴线的俯仰弯曲;以及

第一旋转接头,该第一旋转接头提供绕第二轴线的滚动旋转,该第二轴线与所述基本水平的第一轴线基本正交。

4. 如权利要求 1 所述的蛇形机器人履带车,其特征在于,还包括一控制子系统,该控制子系统与第一和第二腕状驱动式联接件及肘状驱动式接头中的每个通信,并构造用于控制蛇形机器人履带车的姿势。

5. 如权利要求 4 所述的蛇形机器人履带车,其特征在于,还包括通信网络,该通信网络构造用于在控制子系统与第一和第二腕状驱动式联接件及肘状驱动式接头中的每个之间互相通信。

6. 如权利要求 4 所述的蛇形机器人履带车,其特征在于,控制子系统还与分别联接到第一连续履带和第二连续履带的第一驱动装置和第二驱动装置通信。

7. 如权利要求 4 所述的蛇形机器人履带车,其特征在于,控制子系统还构造成控制第一和第二腕状驱动式联接件及肘状驱动式接头的顺应性。

8. 如权利要求 1 所述的蛇形机器人履带车,其特征在于,所述第二腕状驱动式联接件包括:

第二偏转臂,该第二偏转臂通过第二偏转弯曲接头联接到第二机架,该第二偏转弯曲接头提供绕一横向轴线的偏转弯曲,该横向轴线相对于第二机架的既定工作位置基本竖直地取向;

第二俯仰臂,该第二俯仰臂通过第二俯仰弯曲接头联接到第二偏转臂,该第二俯仰弯曲接头提供绕一横向轴线的俯仰弯曲,该横向轴线相对于第二机架的既定工作位置基本水平地取向;以及

联接到第二俯仰臂的第二旋转接头。

9. 如权利要求 1 所述的蛇形机器人履带车,其特征在于,所述第二腕状驱动式联接件包括:

第三弯曲接头,该第三弯曲接头提供绕一相对于第二连续履带的既定工作位置基本竖直的轴线的偏转弯曲;

第四弯曲接头,该第四弯曲接头提供绕一相对于第二连续履带的既定工作位置基本水平的第三轴线的俯仰弯曲;以及

第二旋转接头,该第二旋转接头提供绕第四轴线的滚动旋转,该第四轴线与所述基本水平的第三轴线基本正交。

10. 一种蛇形机器人履带车,包括

至少两个机架单元,各机架单元具有可旋转地支承于其中的第一连续履带;

联接在机架单元之间的至少一个驱动式多自由度联接臂,其中,至少一个驱动式多自由度联接臂包括至少下述接头的联接组合:

第一驱动式三轴接头,

驱动式单轴接头,和

第二驱动式三轴接头。

11. 一种蛇形机器人履带车,包括:

第一机架,该第一机架具有由该第一机架可旋转地支承的第一连续履带;

第二机架,该第二机架具有由第二机架可旋转地支承的第二连续履带;以及

联接在第一机架和第二机架之间的驱动式多自由度联接臂,其中,驱动式多自由度联接臂包括下述接头的联接组合:

第一驱动式双轴接头,

驱动式三轴接头,和

第二驱动式双轴接头。

12. 一种操纵蛇形机器人履带车的方法,包括:

提供第一机架和第二机架,其中各机架具有可驱动连续履带;

利用驱动式多自由度联接臂将第一机架联接到第二机架,其中多自由度联接臂包括至少七个驱动式接头的串联联接的组合,以形成蛇形机器人履带车;以及

扭铰驱动式多自由度联接臂,以便为蛇形机器人履带车建立所希望的姿势。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,还包括使可驱动连续履带的驱动操作与驱动式多自由度联接臂的扭铰相协调,以控制蛇形机器人履带车的运动。

14. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,还包括使可驱动连续履带的驱动操作与驱动式多自由度联接臂的扭铰相协调,以进一步控制蛇形机器人履带车的姿势。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,还包括将第一机架和第二机架定位成坦克构型,其中,第一机架和第二机架并排,并相对于驱动式多自由度联接臂朝相同的方向延伸。

16. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,还包括将第一机架和第二机架定位成列车构型,其中第一机架和第二机架首尾相连地排成一行。

17. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,还包括将第一机架和第二机架定位在外部爬升构型,其中第一机架和第二机架取向成使得,连续履带的露出部分彼此面对,并与要爬升的结构的相对的外表面接触。

18. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,还包括将第一机架和第二机架定位在内部爬升构型,其中第一机架和第二机架取向成使得,连续履带的露出部分彼此背离,并与要爬升的结构的相对的内表面接触。

19. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,还包括将第一机架和第二机架定位在急转弯构型,其中第一机架和第二机架并排,并相对于驱动式多自由度联接臂朝相反方向延伸。

20. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,还包括将第一机架和第二机架定位在拱形构型,其中第一机架和第二机架彼此间成一角度地定位。

## 蛇形机器人履带车

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求享有于 2006 年 11 月 13 日向美国专利商标局提交的标题为“Serpentine Robotic Crawler”(蛇形机器人履带车)的美国临时专利申请 No. 60/858,917 的权益,该申请的全文引用在此作为参考。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及小型无人驾驶的地面机器人车辆。更具体地,本发明涉及一种具有多个通过高自由度驱动式联接件互连的履带式机架单元的蛇形机器人履带车。

### 背景技术

[0004] 机器人学是活跃的研究领域,已研制出许多不同类型的机器人车辆用于各种任务。例如,无人驾驶的飞行器已非常成功地用于军事空中侦察。然而,无人驾驶的地面车辆获得较少成功,这部分地是由于在地面环境中运动显著地比在空中环境中运动困难。

[0005] 无人驾驶地面车辆当试图实现机动性时会面临许多挑战。地形的变化很广泛,例如包括松散和易变的材料、障碍物、植被、有限宽度或高度的开口、台阶等。优化用于在一种环境中运行的车辆可能在另一种环境中运行不佳。

[0006] 还有一些与车辆的尺寸有关的折衷方案。大型车辆可以更好地处理某些障碍物,例如台阶、落差、间隙等。另一方面,大型车辆不能容易地通过狭窄的通道或者在管道内部行进,且更容易被植物阻挡。大型车辆还往往更容易被看到,并因此不太希望用于独立的监视应用。相比之下,尽管小型车辆更独立,但越过障碍变成更大的行驶问题。

[0007] 各种各样的机动性构造已经适合于通过困难的地形。这些选择方案包括腿、车轮和履带。有腿的机器人可能是灵活的,但采用复杂的控制机构来移动和达到稳定性。轮式车辆可以提供高度机动性,但提供有限的附着作用并需要宽度以便得到稳定性。

[0008] 履带式车辆是已知的,且通常构造成坦克构型。尽管履带式车辆在某些环境中可以提供高度稳定性,但履带式车辆在车辆很小的情况下通常提供有限的可操纵性。此外,已知的履带式车辆不能适应在宽范围内变化的障碍,尤其是当地形狭窄并且道路弯曲时。

### 发明内容

[0009] 本发明包括一种蛇形机器人履带车,该履带车克服现有技术中固有的问题和不足。在一个实施例中,蛇形机器人履带车包括第一机架和第二机架,每个机架都具有一旋转式支承于其中的连续履带。第一和第二机架通过驱动式联接臂连接。联接臂具有一对位于联接到相应的机架的各端部处的腕状(wrist-like)驱动式联接件,并具有位于腕状驱动式联接件之间的肘状(elbow-like)驱动式接头。

### 附图说明

[0010] 从下文结合附图的描述和所附权利要求中可以更清楚地看到本发明。应当理解,

这些附图仅描述了本发明的示例性实施例，它们不应当被认为是对本发明的范围的限制。可以容易地认识到，文中一般性地描述以及在附图中示出的本发明的部件可布置成或设计成各种不同的构造。但是下面将通过附图更加详细和具体地描述和解释本发明，其中：

- [0011] 图 1 示出按照本发明的示例性实施例的蛇形机器人履带车的透视图；
- [0012] 图 2 示出按照本发明的实施例的腕状驱动式联接件的透视图；
- [0013] 图 3 示出按照本发明的实施例的肘状驱动式联接件的透视图；
- [0014] 图 4 示按照本发明的实施例的腕状驱动式联接件的透视图；
- [0015] 图 5 示出按照本发明的实施例的具有基本被包围的连续履带的机架的透视图，其中履带底部露出；
- [0016] 图 6 示出按照本发明的实施例的具有连续履带的机架的透视图，其中履带的顶部和底部露出；
- [0017] 图 7 示出按照本发明的实施例的处于坦克构型的蛇形机器人履带车的透视图；
- [0018] 图 8 示出按照本发明的实施例的处于蛇形构型的蛇形机器人履带车的透视图；
- [0019] 图 9 示出按照本发明的实施例的处于外部爬升构型的蛇形机器人履带车的透视图；
- [0020] 图 10(a)–10(c) 示出按照本发明的实施例的处于不同的内部爬升构型的蛇形机器人履带车的透视图；
- [0021] 图 11(a)–11(e) 示出按照本发明的实施例的蛇形机器人履带车恢复常态的一连串运动的俯视图；
- [0022] 图 12(a)–12(f) 示出按照本发明的实施例的蛇形机器人履带车的各种姿势的透视图；
- [0023] 图 13 示出按照本发明的实施例的控制系统示意图；
- [0024] 图 14 示出按照本发明的可供选择的实施例的蛇形机器人履带车；以及
- [0025] 图 15 示出按照本发明的又一可供选择的实施例的蛇形机器人履带车。

## 具体实施方式

[0026] 下文对本发明的示例性实施例的详细描述参考了附图，该附图形成描述的一部分，在该附图中作为示例示出了本发明可实施的示例性实施例。尽管这些示例性实施例被充分详细地描述以使得本领域技术人员能够实施本发明，但应当理解可实现其他实施例且可在不脱离本发明的精神和范围的情况下对本发明作各种改变。因此，下文对本发明的实施例的更详细的描述并不用于限制所要求的本发明的范围，而仅仅为了进行举例说明且不限制对本发明的特点和特征的描述，以提出执行本发明的最佳方式，并足以使得本领域技术人员能够实施本发明。从而，本发明的范围仅由所附权利要求来限定。

[0027] 下文对本发明的详细描述和示例实施例可结合附图来更好地理解，其中本发明的元件和特征由附图标记标识。

[0028] 参见图 1，图 1 示出的是按照本发明的第一示例性实施例的蛇形机器人履带车的例图。更具体地，图 1 将蛇形机器人履带车 10 示出为包括第一机架 12 和第二机架 14。每个机架都包括由机架旋转支承的连续履带 16、18。机架通过多自由度驱动式联接臂 20 联接在一起。多自由度联接臂包括联接到第一机架的第一腕状驱动式联接件 22，联接到第二机

架的第二腕状驱动式联接件 24, 和联接在第一和第二腕状驱动式联接件之间的肘状驱动式接头 26。

[0029] 在图 2 中更详细示出的腕状驱动式联接件 22、24 提供绕两个不同的横向轴线 28、29 的弯曲运动和绕纵向轴线 30 的旋转运动。纵向是指一般沿驱动式联接件取向的方向, 因此绕纵向轴线的运动对应于扭转或旋转运动。横向是指一般与纵向轴线垂直或成一角度取向的方向, 因此绕横向轴线的运动对应于弯曲运动。两个不同的横向轴线可以、但不限于相互成直角。在图 3 中更详细示出的肘状驱动式接头提供绕横向轴线 32 的弯曲运动。

[0030] 腕状驱动式联接件 22、24 可以用不同的方式构造。例如, 腕状驱动式联接件可以包括一系列相联的偏转弯曲接头、俯仰弯曲接头和旋转接头的组合, 其中在接头和机架之间联接有各种臂联接件。例如, 如图 4 所示, 按照本发明的实施例, 腕状驱动式联接件 40 可以包括通过偏转弯曲接头 44 联接到机架 12、14 的偏转臂 42, 当连续履带 16、18 处于既定 (nominal) 工作位置并与大体水平的表面接触时, 上述偏转弯曲接头 44 提供绕横向轴线 28 弯曲的偏转 (运动) 46, 所述横向轴线 28 相对于机架大体上竖直地取向。腕状驱动式联接件也可以包括通过俯仰弯曲接头 50 联接到偏转臂的俯仰臂 48, 上述俯仰弯曲接头 50 提供绕横向轴线 29 弯曲的俯仰 (运动) 52, 所述横向轴线 29 相对于机架大体上水平地取向。腕状驱动式联接件还可以包括旋转接头 54, 所述旋转接头 54 提供绕俯仰臂的纵向轴线 30 旋转的滚动 50。对竖直和水平的引用是指, 相对于蛇形机器人履带车在其上工作的大体上水平的支承表面、且当连续履带与支承表面接触时的既定方向。应该认识到, 当蛇形机器人履带车翻倒时, 相对于蛇形机器人履带车的竖直方向相对于支承表面实际上是水平的。

[0031] 更详细地考虑机架 12、14 和连续履带 16、18, 机架可以用各种方式构造, 使得: 连续履带基本被包围, 从而只有底部 60 露出, 如图 5 所示; 或者连续履带部分地被包围, 从而连续履带 16、18 的顶部 62 和底部 60 露出, 如图 6 所示。应该注意, 当连续履带的顶部和底部都露出时, 机架可以取向成任一侧朝上, 并仍然能运动。通过下面对蛇形机器人履带车的工作的进一步的讨论, 可以清楚地看到这种构型的好处。机架可以包括联接到连续履带的驱动装置 (未示出), 以驱动连续履带。可选地, 驱动装置可以构造成在一定的速度范围内沿任一方向 (如顺时针和逆时针) 驱动连续履带。用于对连续履带施加驱动力的各种类型的驱动装置和联接技术是已知的, 且可应用在本发明的实施例中。

[0032] 回过来参见图 1, 高自由度驱动式联接臂 20 与两个单独的履带式机架 12、14 的组合使蛇形机器人履带车 10 能实现许多不动的运动模式, 下面将对其进行说明。操纵蛇形机器人履带车可以包括扭铰多自由度驱动式联接臂, 以便为蛇形机器人履带车建立所需的姿势。连续履带 16、18 的驱动操作可以与高自由度驱动式联接臂的扭铰协调, 以进一步控制姿势和提供蛇形机器人履带车的运动。当确定蛇形机器人履带车的姿势时, 可考虑作用在接头上的力矩和力, 这将在文中进一步地描述。

[0033] 第一种姿势在本文称之为“坦克”构型, 其中第一机架 12 和第二机架 14 并排设置, 如图 7 所示。两个机架从驱动式联接臂 20 朝同一方向延伸, 并可以是、但不是必须平行。例如当经过陡坡时, 坦克构型为蛇形机器人履带车提供横向稳定性。通过沿相同的方向驱动连续履带 16、18, 蛇形机器人履带车可以沿向前和向后的方向移动; 通过沿相反的方向驱动连续履带, 蛇形机器人履带车可以转动。通常, 使处于坦克构型的蛇形机器人履带车运动可以包括向连续履带施加不同的驱动速度 (包括相反的方向)。

[0034] 本文称之为“列车”构型的第二姿势是第一机架 12 和第二机架 14 首尾相连地排成一行的构型,如图 8 所示。两个机架可以是、但不是必须平行。列车构型提供较小的轮廓,从而允许蛇形机器人履带车 10 进入小的孔、管道、隧道等。列车构型还使蛇形机器人履带车能跨越空隙和孔。在列车构型中,向前和向后运动通过驱动连续履带 16、18 来提供。应该注意,相对于坦克构型,连续履带中的一个的方向被改变。通过操作驱动式联接臂 20,以在第一机架和第二机架之间形成一夹角,可实现蛇形机器人履带车的转动。

[0035] 蛇形机器人履带车也可以构造用于爬升结构的外部。如图 9 所示,蛇形机器人履带车 10 包住结构 70,使得连续履带的露出部分 72、74 彼此朝向,并接触所述结构的相对的外表面 76、78。连续履带可以被驱动,以便沿着所述结构上下移动蛇形机器人履带车。许多不同的结构几何形状,包括例如柱,都可以用这种外部爬升构型进行爬升。

[0036] 蛇形机器人履带车也可以构造用于爬升结构的内部。图 10(a) 和 10(b) 示出两种不同的内部爬升构型。在内部爬升构型中,蛇形机器人履带车构造成使得连续履带的露出部分 72、74 彼此背离,并与结构 70 的相对的内表面 80、82 接触。内部爬升构型可用于爬升管道、烟囱、墙内部等。

[0037] 对蛇形机器人履带车来说,通过使连续履带的露出部分 72、74 面向同一方向、与结构的同甘共苦内表面 80,及将驱动式联接件放置成与对置的内表面接触来爬升结构部分 70 的内部可能也是可行的,如图 10(c) 中所示。

[0038] 对蛇形机器人履带车来说,各种不同的扭铰运动也是可行的。例如,图 11(a)-11(e) 用俯视图示出翻转的蛇形机器人履带车的一种自动复原技术。蛇形机器人履带车 10 在图 11(a) 中示出为侧放着,其中连续履带的露出部分 72、74 不再与表面接触。在第一步中,启动驱动式联接件 20,以将机架以约  $90^\circ$  角定位,如图 11(b) 中所示。这提供了一种稳定的构型,此时,可以使一个腕状接头旋转,以将连续履带的一个露出部分安放成与表面接触,如图 11(c) 所示。然后旋转另一个腕状接头,以类似地定位另一个机架,如图 11(d) 所示。此时,两个连续的履带与表面接触。然后使联接臂变直,使得蛇形机器人履带车可以继续(工作),如图 11(e) 所示。可选地,使联接臂变直可以在蛇形机器人履带车已开始向前移动时进行。蛇形机器人履带车可以包括一些系统,如履带载荷传感器、惯性基准等,以帮助确定和校正履带车的取向。例如,引用在此作为参考的、共同所有并均处于审理中的、于 2006 年 11 月 13 日提交的标题为“Conformable Track Assembly For A Robotic Crawler”(用于机器人履带车的顺应性履带组件)的美国临时专利申请 No. 60/858,805,描述了一种用于履带的悬架系统,该悬架系统包括可以在本发明的实施例中使用的偏转器和载荷传感元件。

[0039] 其它自动复原运动模式也是可行的。例如,可以通过操作驱动式联接臂 20 将蛇形机器人履带车 10 安放成拱形构型(这将在下文进一步说明),使得蛇形机器人履带车基本仅由履带的最远地分开的端部支承。这种构型可能不稳定,从而允许进一步致动扭铰的联接臂,以使蛇形机器人履带车翻倒。

[0040] 按照本发明实施例的蛇形履带车具有更常规的车轮式或履带式车辆所不具有的大量姿势和运动模式。蛇形机器人履带车 10 可以采用的其它姿势在图 12(a)-12(f) 中示出。例如,驱动式联接件 20 可以将机架 12、14 彼此成一角度地设置。因此,蛇形机器人履带车可以沿向上(图 12(a))、向下(图 12(b))、向左(图 12(c))、或向右(图 12(d)) 的方

向形成拱形。向上和向下形成拱性可以帮助通过地形的不平坦部分,如凹陷部或抬升部。向左和向右形成拱形可帮助转动和避免障碍。

[0041] 另一种姿势可以称为急转弯(zag)构型,其中机架以平行的线取向,但从驱动式联接臂朝相反的方向偏移并延伸,如图12(e)所示。与坦克构型类似,急转弯构型可以给蛇形机器人履带车提供附加的稳定性。

[0042] 尽管已描述了处于静态的各种姿势,但应该理解,蛇形机器人履带车可以在工作时动态地改变姿势。此外,根据蛇形机器人履带车在其中工作的环境,上述姿势的经过修改的型式也可以证明是有用的。

[0043] 如上所述,各种动态运动模式是可行的。尽管上述讨论主要集中在履带操作提供推进力上,但应认识到,驱动式联接件的操作也可以帮助推进。例如,驱动式联接件的突然急拉运动可以帮助提供牵引作用,或者当被缠绕时帮助释放蛇形机器人履带车。作为另一个例子,履带的空间取向可以通过驱动式联接件周期性地或连续地调节,以符合所经过的表面。例如,图12(f)示出一扭铰构型。

[0044] 返回到对扭铰的多自由度联接臂20的讨论,对蛇形机器人履带车来说,各种其它构型也是可行的。通常,联接臂包括至少七个驱动接头,这七个驱动接头提供绕七个不同轴线的运动(虽然这些轴线中的某些有时可以相互对准)。这些接头可以是单轴、双轴、或三轴接头。联接臂可以包括下面一系列相联接的组合中的任一种:

[0045] ● 7个单轴接头

[0046] ● 3个单轴接头和2个双轴接头

[0047] ● 1个单轴接头和2个三轴接头

[0048] ● 2个双轴接头和1个三轴接头

[0049] 例如,联接臂可以包括五个驱动式单轴弯曲接头和两个驱动式单轴旋转接头的一系列组合。例如,四个弯曲接头可以围绕位于联接件中央的第五个弯曲接头对称地设置,在中央的各侧上有两个弯曲接头。旋转接头也可以围绕中心对称地设置。例如,旋转接头可以与第五(位于中央的)弯曲接头相邻(例如,如图7所示)、位于对称设置的弯曲接头之间、或者与机架相邻。

[0050] 或者,也可以使用双轴接头或三轴接头,其中,双轴接头提供与两个串联的单轴接头相同的自由度,三轴接头提供与串联的三个单轴接头相同的自由度。双轴接头可以提供例如绕两个轴线的弯曲。这些轴线可以、但不是必须相互正交。三轴接头可以提供例如绕两个横向轴线的弯曲和绕一第三纵向轴线的旋转。

[0051] 接头不需要限于提供弯曲或旋转运动的绕转接头。也可以包括提供平移运动的棱柱接头(/ 滑动接头, prismatic joint)。接头可以包括绕转接头和棱柱接头的特点,以提供例如偏心运动。

[0052] 现在将更详细地讨论蛇形机器人履带车10的控制。如上所述,可以通过驱动式多自由度联接臂20的扭铰和连续履带16、18的旋转来控制蛇形机器人履带车的运动和姿势。因此,如图13示意示出的,蛇形机器人履带车可以包括控制子系统90。控制子系统与联接臂20的各驱动式接头92通信,以控制蛇形机器人履带车的姿势。控制系统还可以与驱动单元94通信,该驱动单元94联接到第一和第二连续履带上,以控制连续履带旋转的速度和方向,从而控制蛇形机器人履带车的运动。控制系统还可以包括一通信网络系统96,该通信

网络系统构造用于在控制子系统、联接臂中的接头和驱动单元之间互相通信。

[0053] 通信网络的各种实现方式是可行的。例如,已知允许大量的通信节点在有限数量的线路上通信的各种通信协议,包括例如 RS-485, RHAMIS, USB, Ethernet 等。或者,通信网络可以包括无线部件。例如,通信网络可包括在蛇形机器人履带车和位于远离该蛇形机器人履带车处的控制系统之间提供通信的无线部分。

[0054] 控制子系统的各种实现方式是可行的。例如在一个实施例中,控制系统可以利用主复本(replica)来控制蛇形机器人履带车。在主复本控制系统中,主复本位于远离蛇形机器人履带车处。主复本包含与蛇形机器人履带车相同的接头,且被手动操纵成所希望的姿势。位于接头处的传感器检测接头的位置,这些位置与蛇形机器人履带车通信,该蛇形机器人履带车致动其接头,以试图形成相同的姿势。可选地,蛇形机器人履带车中的接头可以包括力传感器、力矩传感器或者这两种传感器,从而允许测量接头上的力和/或力矩。可选地,接头上的力和/或力矩可返回与主复本通信,从而向控制系统提供力反馈。各种力反馈控制系统是已知的,并可以应用于本发明的实施例。

[0055] 控制系统可以结合到蛇形机器人履带车中,从而允许履带车自动地工作。例如,履带车可以长时间自动地工作。在一实施例中,控制系统可以包括局部控制一个或多个密切联结的接头的履带控制器和分布式接头。分布式接头和履带控制器可以与位于履带车内部或位于履带车外部的主控制器通信。

[0056] 在另一个实施例中,蛇形机器人履带车的控制可以包括控制第一机架,其它机架从动于第一机架。例如,操作者可以控制第一机架的取向和运动。然后其它机架跟随第一机架。一个特别的控制方案可以包括在第一机架之后自动地使其它机架转向,以减小施加在驱动式联接臂上的力。

[0057] 作为另一个例子,蛇形机器人履带车的控制可以包括使用操纵杆。例如,例如通过由操纵杆控制驱动式联接件的运动,可以利用两维操纵杆来控制机器人的姿势。操纵杆的两维运动可以通过预定的原语(primitive)转变成多自由度驱动式联接件的复杂运动。作为一特定的例子,操纵杆向左或向右的运动可以使蛇形机器人履带车向左向右形成拱形,其中持续地保持操纵杆会使蛇形机器人履带车在坦克构型和蛇形构型之间运动。作为另一个特定的例子,操纵杆向前或向后运动可以使蛇形机器人履带车向上或向下形成拱形,其中持续地保持操纵杆向前或向后会为蛇形机器人履带车设置成内部爬升或外部爬升构型。当然,可以认识到,可限定从操纵杆到(蛇形机器人履带车)运动的各种映射关系。操作者和控制系统之间的接口可以通过在个人计算机、膝上型计算机、个人数据助手等上操作的菜单驱动接口来提供,这是已知的。

[0058] 控制系统还可以构造成在接头中提供一定程度的顺应性。例如,由柔性机器人履带车的环境施加到接头上的力可以被检测出并与控制系统通信。当超过某些力的阈值时,可以允许接头移动。例如,接头可以包括通过机械系统、电子系统、或者混合机电系统实现的断开式离合器。力限制阈值可以进行调节,以便给蛇形机器人履带车提供可变的顺应性。例如,在通过某种类型障碍物时,提供刚硬姿态的高阈值可以证明是有用的。或者,在围绕其它类型障碍弯曲时,低阈值可以证明是有用。

[0059] 作为另一个例子,控制系统可以利用过程处理系统来实现。各种运动原语可以预先编程,其中包括例如采取某些姿势(比如,坦克构型、急转弯构型、拱形构型、列车构型、

或爬升构型)的原语,及用于运动(比如,向前、向后)的原语。控制可以包括从接头力传感器和环境传感器反馈。混合式的人和自动控制可以组合。例如,利用执行指令/原语的自动的低级反馈回路可实现高级人工指令/原语。控制功能可以分成子系统,其中包括,例如,姿势控制,顺应性控制、运动控制、力控制及其混合式组合。

[0060] 按照本发明的实施例,在图 14 中示出蛇形机器人履带车的可供选择的构型。蛇形机器人履带车 100 包括多个机架单元 102,每个机架单元 102 都具有旋转式支承于其中的连续履带。例如,连续履带可以具有一个或多个露出的表面,如上所述。在各机架单元之间联接至少一个驱动式高自由度联接臂 104。例如,在 N 个机架单元情况下,利用 N-1 个联接臂来将机架互连成多机架长列。驱动式多自由度联接臂包括例如如上所述的至少七个接头轴线。可选地,驱动式高自由度联接臂可以可拆卸地连接在各机架单元之间,以允许将多机架长列例如重新构造成许多单个的机架、若干对机架、或较短的多机架长列。

[0061] 蛇形机器人履带车还可以包括设置在驱动式多自由度联接臂和/或机架上的各种传感器或工具。例如,如图 15 所示,蛇形机器人履带车 110 可以具有设置在一个机架 112 上的摄像机 116。作为另一个例子,可以在前机架和后机架上都设置摄像机。例如,前摄像机主要用于观测环境,而后摄像机可以用于观察蛇形机器人履带车的姿势以便控制。可以在蛇形机器人履带车上设置其它传感器,包括例如雷达、激光雷达、红外检测器、温度传感器、化学传感器、力传感器、运动检测器、扬声器、天线等。作为另一个例子,也可以在蛇形机器人履带车上设置一些工具,包括例如光源、夹具、钳子、操纵装置、切削刀具、钻头、材料取样器等。作为另一个例子,蛇形机器人履带车可以包括设置在机架上的铰接臂。共同所有并均处于审理中的、于 2006 年 11 月 13 日提交的标题为“Tracked Robotic Vehicle with Articulated Arms”(具有铰接臂件的履带式机器人车辆)的美国临时专利申请 No. 60/858,915 描述了一种具有铰接臂的履带式机器人车辆,该申请被引用在此作为参考。

[0062] 在某种程度上概括并重申,按照本发明的蛇形机器人履带车可以在各种应用和环境中使用。例如,但不作为限制,应用可以包括搜索和救援、军事活动和工业操作。可有助于避免需要将人暴露于危险的环境中,例如不稳定的建筑物、军事冲突情况、和化学、生物或核污染的环境中。蛇形机器人履带车的构造柔性提供多种运动模式。例如,在坦克构型中的运动可以提供高度稳定性。以蛇状构型运动可以穿过狭窄的通道或管道。也可以爬升结构的外部如柱子,以及爬升结构的内部如管道内部。

[0063] 在上文中结合具体的示例性实施例详细描述了本发明。但是,应当理解,可在不脱离由所附权利要求限定的本发明的范围的情况下进行各种修改和变型。详细的描述和附图应仅被认为是说明性的,而不是限制性的,如果存在任何这样的修改和变型,那么它们都将落入在此描述的本发明的范围内。

[0064] 更具体地,尽管在此已经描述了本发明的示例性实施例,但是本发明并不局限于这些实施例,而是包括本领域技术人员根据前面的详细描述可认识到的经过修改、省略、(例如各个实施例之间的)组合、适应性改变和/或替换的任何和全部实施例。权利要求中的限定可根据权利要求中使用的语言而进行广泛的解释,且不限于在前述详细描述中或在实施该申请期间描述的示例,这些示例应被认为是非排他性的。例如,在本发明中,术语“优选地”不是排他性的,这里它的意思是“优选地,但是并不限于”。在任何方法或过程权利要求中列举的任何步骤可以以任何顺序执行并且不限于权利要求中提出的顺序。因此,本发

明的范围应当仅由所附权利要求及其合法等同物来确定,而不是由上文给出的说明和示例来确定。

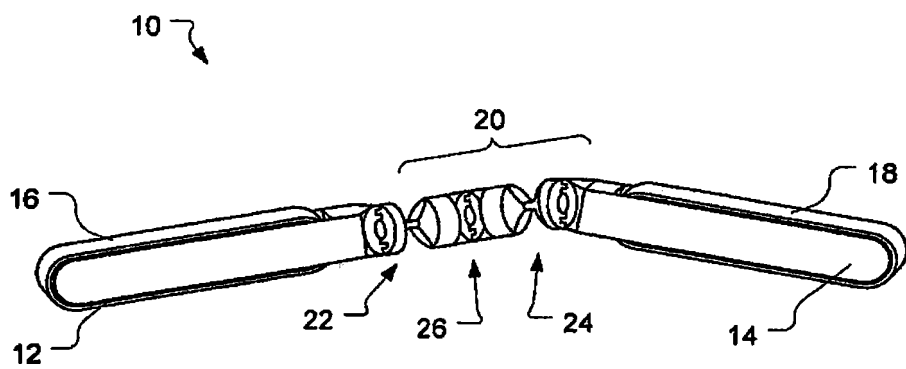


图 1

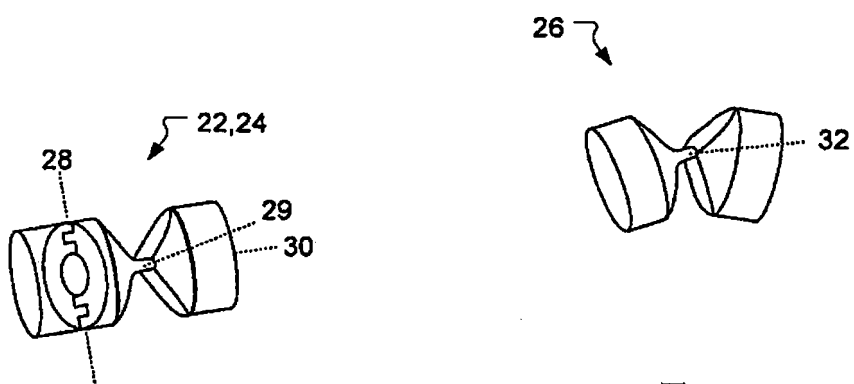


图 2

图 3

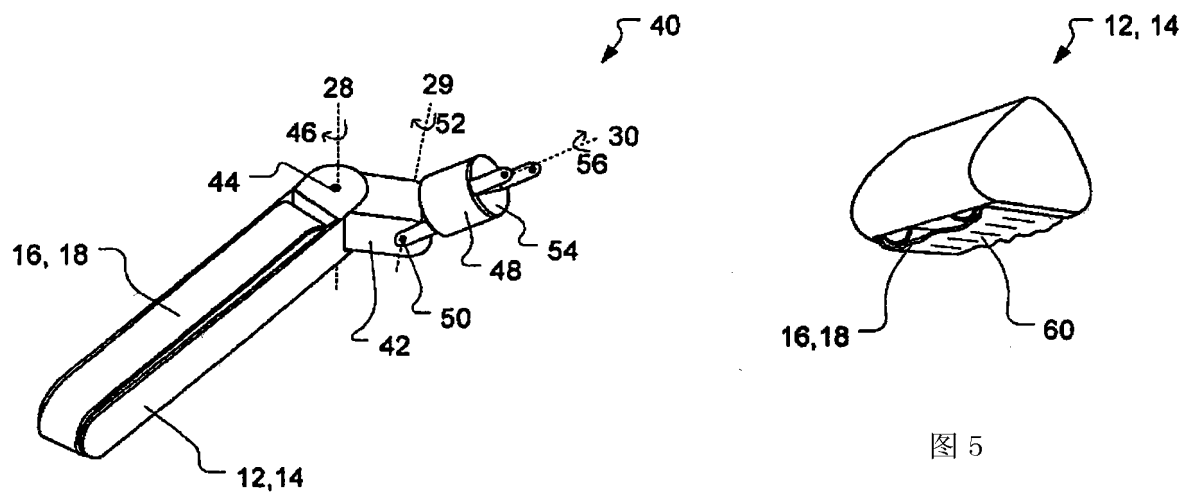


图 4

图 5

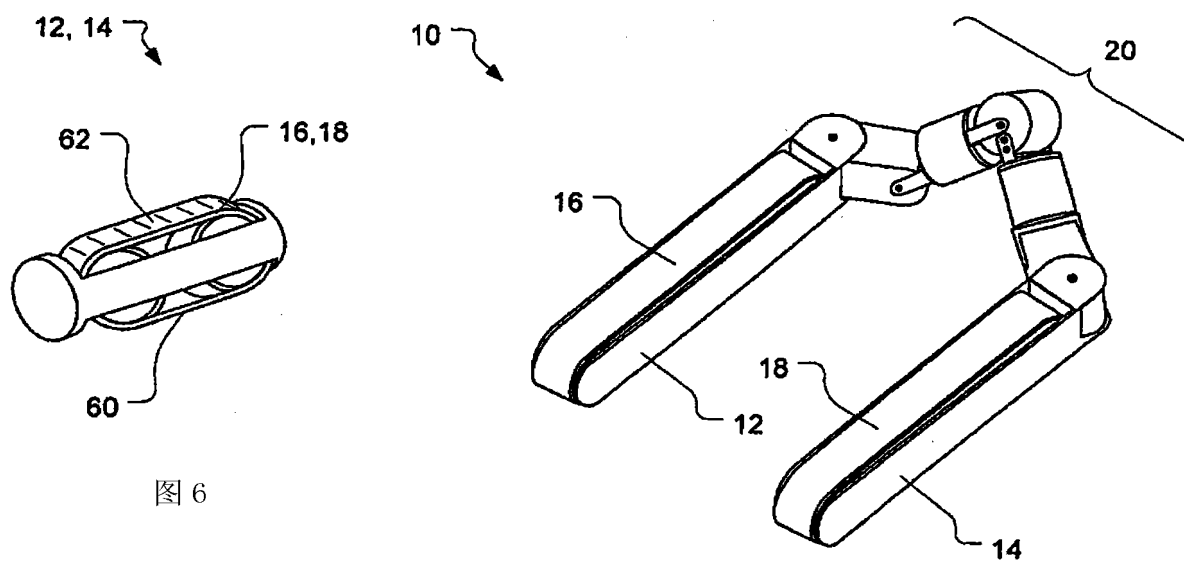


图 6

图 7

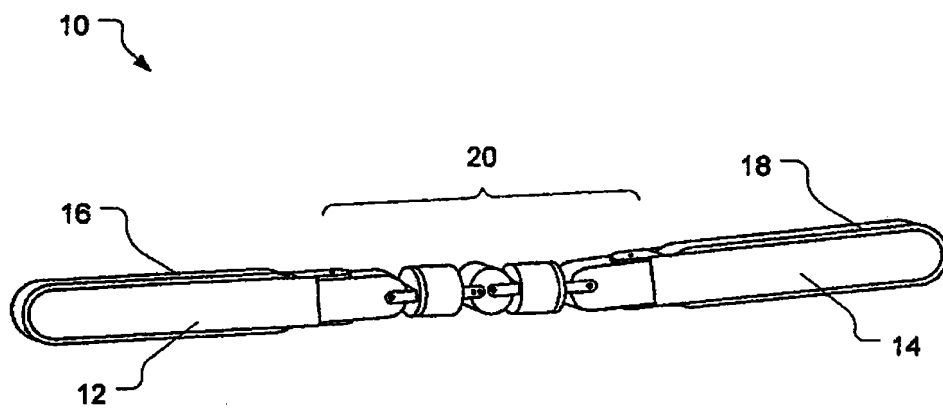


图 8

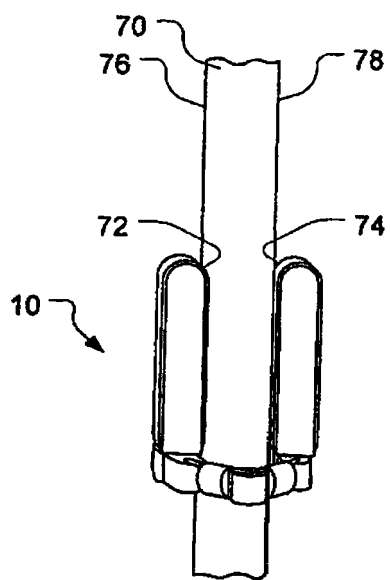


图 9

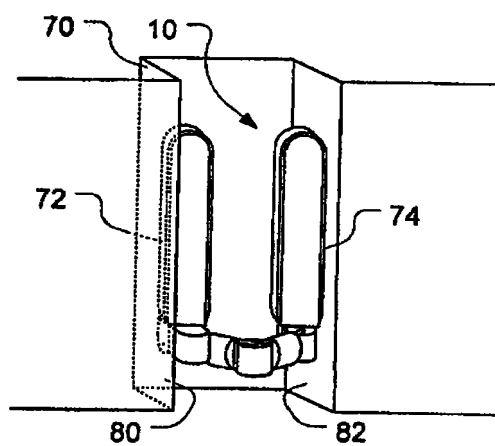


图 10a

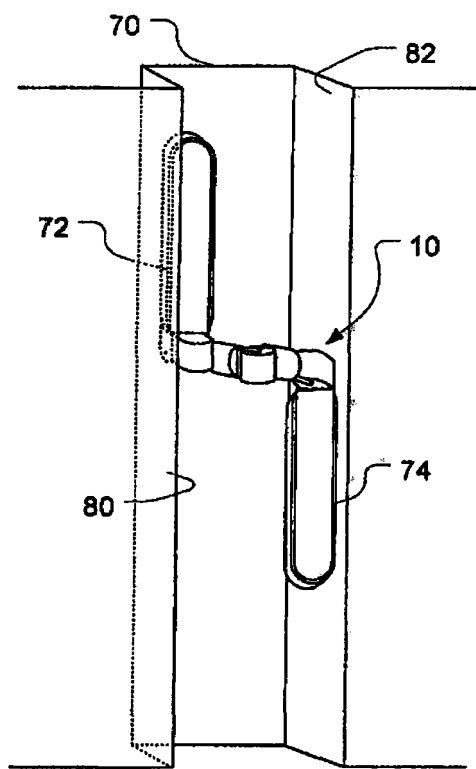


图 10b

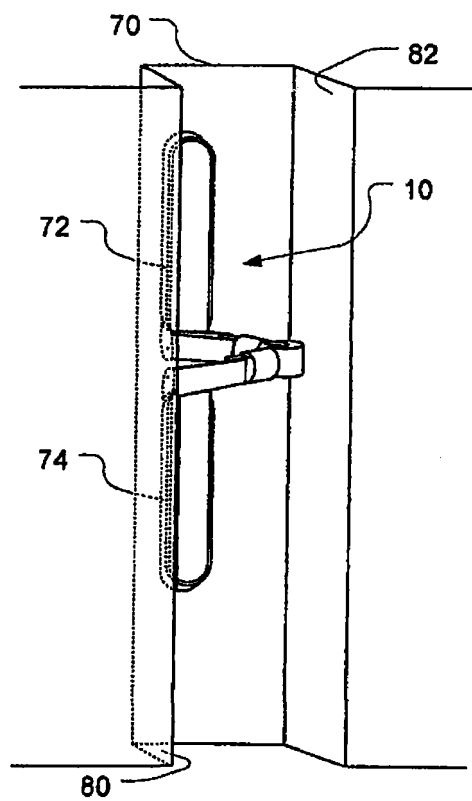


图 10c

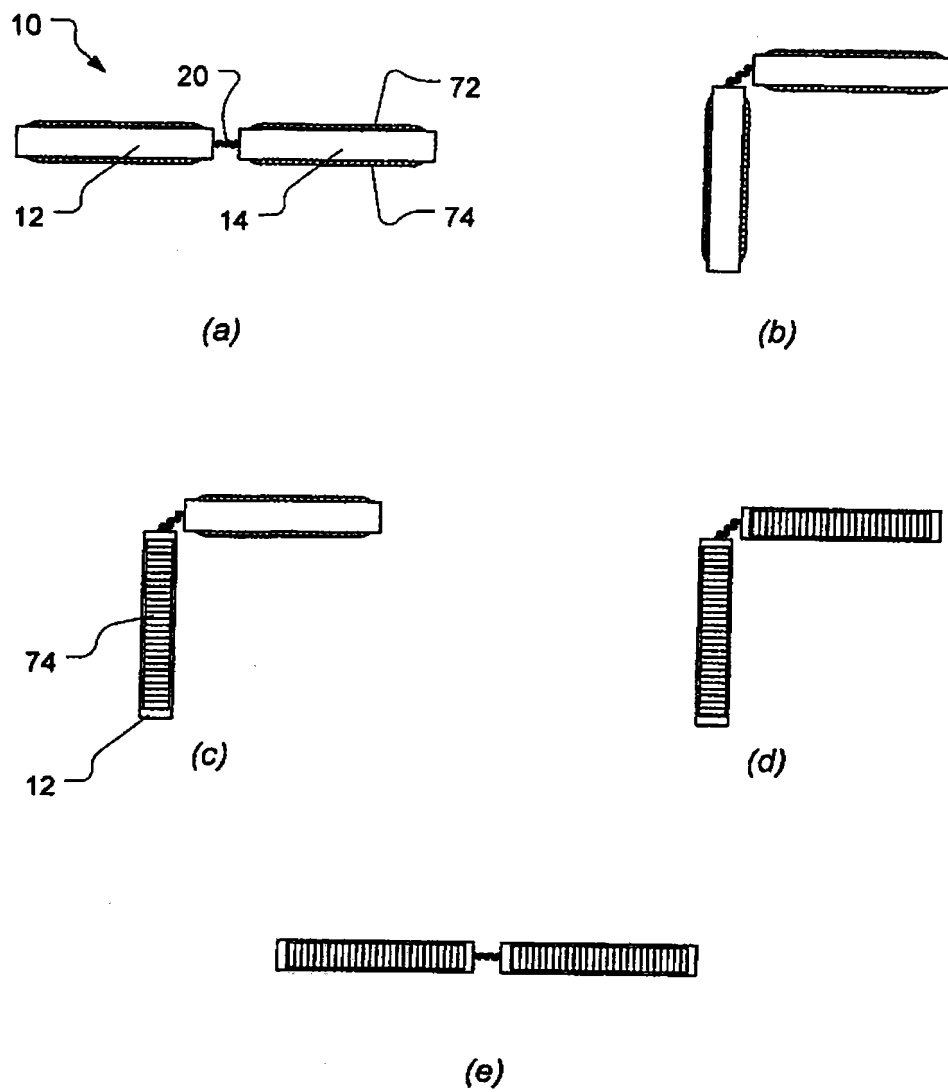


图 11

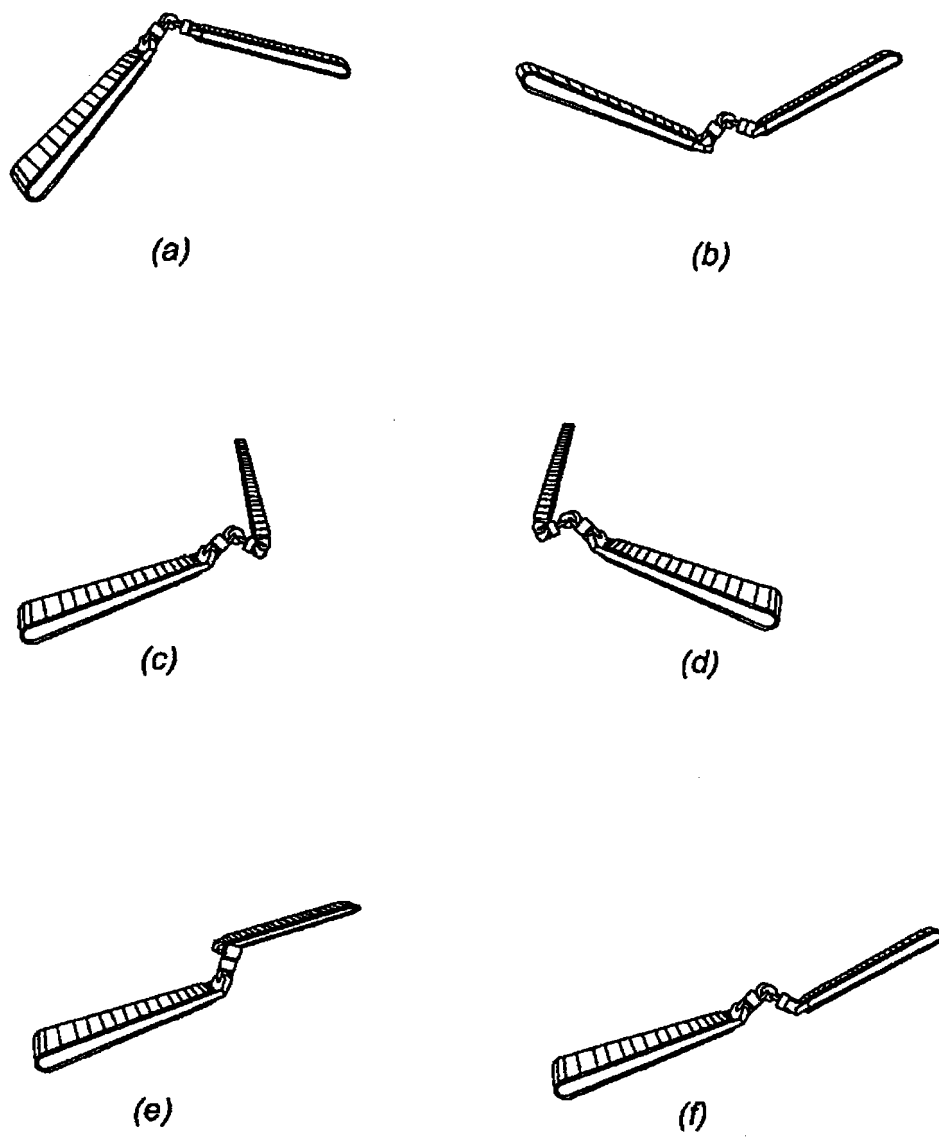


图 12

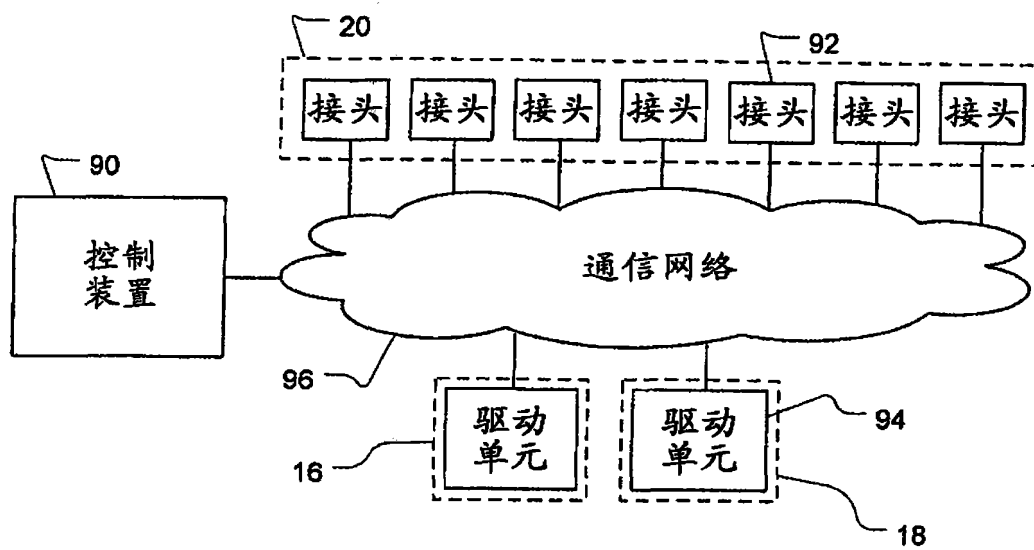


图 13

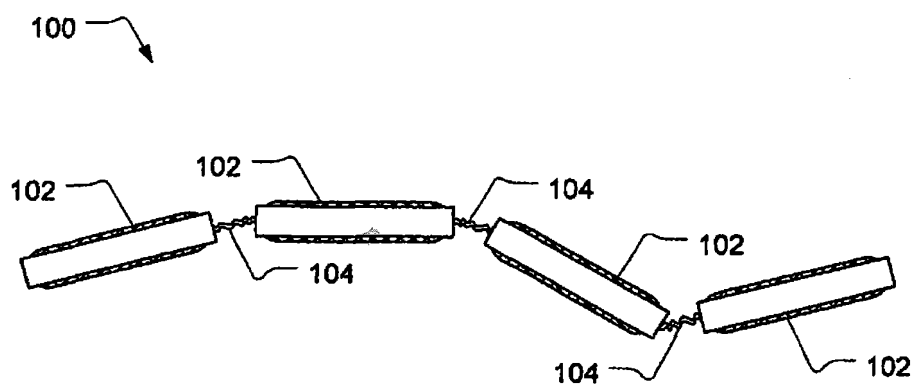


图 14

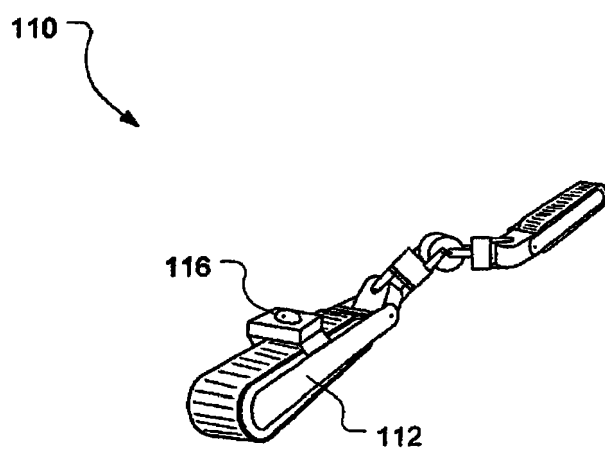


图 15