

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 2 月 17 日 (17.02.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/033446 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 13/20 (2011.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/111609
- (22) 国际申请日: 2021 年 8 月 9 日 (09.08.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010796955.8 2020 年 8 月 10 日 (10.08.2020) CN
- (71) 申请人: 北京字节跳动网络技术有限公司 (**BEIJING BYTEDANCE NETWORK TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国北京市石景山区实兴大街 30 号院 3 号楼 2 层 B-0035 房间, Beijing 100041 (CN)。
- (72) 发明人: 李奇 (**LI, Xiaoqi**); 中国北京市海淀区知春路 63 号中国卫星通信大厦今日头条小邮局, Beijing 100190 (CN)。 范文捷 (**FAN, Wenjie**); 中国北京市海淀区知春路 63 号中国卫星通信大厦今日头条小邮局, Beijing 100190 (CN)。 刘海鹏 (**LIU, Haipeng**); 中国北京市海淀区知春路 63

号中国卫星通信大厦今日头条小邮局, Beijing 100190 (CN)。 程熙文 (**CHENG, Xiwen**); 中国北京市海淀区知春路 63 号中国卫星通信大厦今日头条小邮局, Beijing 100190 (CN)。

(74) 代理人: 泰和泰律师事务所 (**TAHOTA LAW FIRM**); 中国北京市朝阳区东四环中路 56 号远洋国际中心 A 座 12 层, Beijing 100025 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,

(54) **Title:** DYNAMIC FLUID EFFECT PROCESSING METHOD AND APPARATUS, AND ELECTRONIC DEVICE AND READABLE MEDIUM

(54) 发明名称: 动态流体效果处理方法、装置、电子设备和可读介质

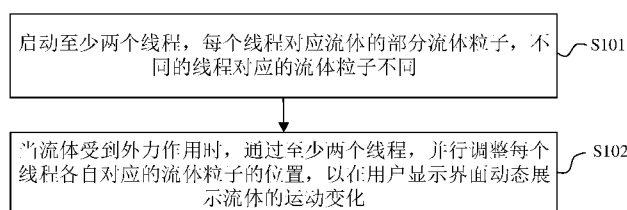


图 1

S101 Start at least two threads, wherein each thread corresponds to some fluid particles of a fluid, and fluid particles corresponding to different threads are different

S102 When the fluid is subjected to the action of an external force, parallelly adjust, by means of the at least two threads, the positions of the fluid particles corresponding to each thread, so as to dynamically display a motion change of the fluid in a user display interface

(57) **Abstract:** A dynamic fluid effect processing method and apparatus, and an electronic device and a readable medium, which relate to the technical field of computers. The method comprises: starting at least two threads, wherein each thread corresponds to some fluid particles of a fluid, and fluid particles corresponding to different threads are different (S101); and when the fluid is subjected to the action of an external force, parallelly adjusting, by means of the at least two threads, the positions of the fluid particles corresponding to each thread, so as to dynamically display a motion change of the fluid in a user display interface (S102). In the method, by parallelly calculating the positions of fluid particles by means of at least two threads, the calculation speed is improved, and a mobile terminal can display a motion change of a fluid in real time.

(57) **摘要:** 一种动态流体效果处理方法、装置、电子设备及可读介质, 涉及计算机技术领域。该方法包括: 启动至少两个线程, 每个线程对应流体的部分流体粒子, 不同的线程对应的流体粒子不同 (S101); 当流体受到外力作用时, 通过至少两个线程, 并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置, 以在用户显示界面动态展示流体的运动变化 (S102)。本方法通过至少两个线程并行计算流体粒子的位置, 提高了计算速度, 使得移动终端可以实时展示流体的运动变化。

AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

动态流体效果处理方法、装置、电子设备和可读介质

5 相关申请的交叉引用

本申请要求于 2020 年 08 月 10 日提交的、申请号为 202010796955.8、发明名称为“动态流体效果处理方法、装置、电子设备和可读介质”的中国专利申请的优先权，该申请的全文通过引用结合在本申请中。

10 技术领域

本公开涉及计算机技术领域，具体而言，本公开涉及一种动态流体效果处理方法、装置、电子设备和可读介质。

背景技术

15 计算机图形学 (Computer Graphics, CG) 是一种使用数学算法将二维或三维图形转化为计算机显示器的栅格形式的科学。简单地说，计算机图形学的主要研究内容就是研究如何在计算机中表示图形、以及利用计算机进行图形的计算、处理和显示的相关原理与算法。

20 基于物理动画的流体模拟是计算机图形学的一个重要的研究领域。随着移动通信和计算机技术的发展，移动终端得到了广泛应用。由于现有技术中的流体模拟方法需要非常大的计算量，若将该方法应用到移动终端，由于移动终端上的计算和存储资源都非常有限，采用现有技术中的方法计算速度慢，不能满足实时性的要求。

25 发明内容

本公开提供了一种动态流体效果处理方法、装置、电子设备和可读介质，用于解决现有技术中存在的问题。

第一方面，提供了一种动态流体效果处理方法，该方法包括：

启动至少两个线程，每个线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程

对应的流体粒子不同；

当流体受到外力作用时，通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示流体的运动变化。

第二方面，提供了一种动态流体效果处理装置，该装置包括：

5 启动模块，用于启动至少两个线程，每个线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；

调整模块，用于当流体受到外力作用时，通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示流体的运动变化。

10 第三方面，本公开提供了一种电子设备，该电子设备包括：
一个或多个处理器；

存储器，存储一个或多个应用程序，其中一个或多个应用程序被一个或多个处理器执行时，使得电子设备执行如本公开的第一方面所示的动态流体效果处理方法对应的操作。

15 第四方面，本公开提供了一种计算机可读介质，计算机可读介质用于存储计算机指令，当计算机指令被计算机执行时，使得计算机可以执行如本公开的第一方面所示的动态流体效果处理方法。

本公开提供的技术方案带来的有益效果可以包括：

20 在本公开实施例提供的动态流体效果处理方法、装置、电子设备和可读介质，启动至少两个线程，每个线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；当流体受到外力作用时，通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示流体的运动变化。本公开提供的技术方案，通过至少两个线程并行计算流体粒子的位置，提高了计算速度，使得移动终端可以实时展示流体的运
25 动变化。

附图说明

为了更清楚地说明本公开实施例中的技术方案，下面将对本公开实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍。

图 1 为本公开实施例提供的一种动态流体效果处理方法的流程示意图；

图 2 为本公开实施例提供的动态流体效果处理方法的执行过程的示意图；

5 图 3 为本公开实施例提供的一种动态流体效果处理装置的结构示意图；

图 4 为本公开实施例提供的一种电子设备的结构示意图。

具体实施方式

10 下面将参照附图更详细地描述本公开的实施例。虽然附图中显示了本公开的某些实施例，然而应当理解的是，本公开可以通过各种形式来实现，而且不应该被解释为限于这里阐述的实施例，相反提供这些实施例是为了更加透彻和完整地理解本公开。应当理解的是，本公开的附图及实施例仅用于示例性作用，并非用于限制本公开的保护范围。

15 应当理解，本公开的方法实施方式中记载的各个步骤可以按照不同的顺序执行，和/或并行执行。此外，方法实施方式可以包括附加的步骤和/或省略执行示出的步骤。本公开的范围在此方面不受限制。

本文使用的术语“包括”及其变形是开放性包括，即“包括但不限于”。术语“基于”是“至少部分地基于”。术语“一个实施例”表示“至少一个实施例”；术语“另一实施例”表示“至少一个另外的实施例”；术语
20 “一些实施例”表示“至少一些实施例”。其他术语的相关定义将在下文描述中给出。

需要注意，本公开中提及的“第一”、“第二”等概念仅用于对装置、模块或单元进行区分，并非用于限定这些装置、模块或单元一定为不同的
25 装置、模块或单元，也并非用于限定这些装置、模块或单元所执行的功能的顺序或者相互依存关系。

需要注意，本公开中提及的“一个”、“多个”的修饰是示意性而非限制性的，本领域技术人员应当理解，除非在上下文另有明确指出，否则应该理解为“一个或多个”。

本公开实施方式中的多个装置之间所交互的消息或者信息的名称仅用于说明性的目的，而并不是用于对这些消息或信息的范围进行限制。

下面以具体地实施例对本公开的技术方案以及本公开的技术方案如何解决上述技术问题进行详细说明。下面这几个具体的实施例可以相互结合，对于相同或相似的概念或过程可能在某些实施例中不再赘述。下面将结合附图，对本公开的实施例进行描述。

本公开技术方案可以应用在涉及动态流体效果制作、应用以及使用等的应用程序中。本公开的技术方案可以应用在终端设备中，终端设备可以包括移动终端或者计算机设备，其中，移动终端可以包括例如智能手机、掌上电脑、平板电脑、带显示屏的可穿戴设备等等；计算机设备可以包括例如台式机、笔记本电脑、一体机、智能电视等。通过本公开技术方案对流体在三维空间中进行建模，将流体模型渲染之后的效果图像在二维的用户显示界面中进行显示（为简明起见，在下文中，将用户显示界面中显示的流体的模型渲染效果图像简称为“流体”）在展示流体的动态效果时，可以通过视频或者动态图的形式进行展示。

图 1 为本公开实施例提供的一种动态流体效果处理方法的流程示意图，如图 1 所示，该方法可以包括：

步骤 S101，启动至少两个线程，每个线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；

本公开技术方案可以通过终端设备中的图形处理器（Graphics Processing Unit，GPU）来实现。GPU 可以包括多个核心，每个核心可以作为一个计算单元，对应一个线程。终端设备启动 GPU 的至少两个核心对应的线程，将流体粒子分配到至少两个线程中，每个线程对应流体的部分流体粒子，不同线程对应不同的流体粒子不同。

步骤 S102，当流体受到外力作用时，通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示流体的运动变化。

当流体受到外力作用时，各流体粒子会根据外力作用，发生位置变化，通过至少两个线程中的每个线程，来调整该线程对应的流体粒子的位置，

使得终端设备可以控制流体粒子从外力作用前的位置移动到调整后的位置，在用户显示界面动态展示流体的运动变化。

本公开技术方案中，通过至少两个线程并行计算流体粒子的位置，提高了终端设备的计算速度，使得终端设备可以实时展示流体的运动变化。

5 通过每个线程调整对应的流体粒子的位置，具体实现方式见如下实施例。

在一种可能的实现方式中，每个线程通过以下方式调整各自对应的流体粒子的位置：

根据外力作用的大小，确定各流体粒子各自的位置 p' ；

10 根据流体粒子各自的位置，确定各流体粒子各自对应的邻居粒子；

针对每一流体粒子，根据流体粒子的各邻居粒子的位置，调整流体粒子的位置。

在实际应用中，首先，终端设备获取流体的各流体粒子的当前位置和当前速度，当流体受到外力（例如，重力）作用时，终端设备根据外力作用的大小，确定各流体粒子的加速度，根据各流体粒子的当前速度、加速度、运动时间，可以确定各流体粒子运动的距离和方向，终端设备根据各流体粒子运动的距离和方向，可以确定各流体粒子受到外力作用之后的位置，作为各流体粒子各自的位置 p' 。

20 终端设备根据流体粒子各自的位置，确定各流体粒子各自对应的邻居粒子，邻居粒子可以是距离当前流体粒子预设距离范围内的流体粒子，每个流体粒子可以没有邻居粒子，也可以有至少一个邻居粒子，终端设备根据流体粒子的位置 p' ，以及流体粒子的邻居粒子的位置，来调整流体粒子的位置。在一个实施例中，流体粒子也可以没有邻居粒子，在这种情况下，该流体粒子的位置将不会受到邻居粒子的影响，因此，终端设备可以不对该粒子的位置进行调整。

25 本公开实施例中，在对流体粒子进行位置调整时，通过考虑邻居粒子的位置，可以尽量保证流体运动后密度保持不变，从而保证流体在运动过程中的不可压缩性，使得模拟出的流体动态效果更接近现实中流体的运动状态。

对于流体粒子的邻居粒子的具体获取方式，见如下实施例。

在一种可能的实现方式中，根据流体粒子各自的位置，确定各流体粒子各自对应的邻居粒子，包括：

获取各流体粒子各自对应的作用半径；

- 5 根据各流体粒子各自的位置以及各流体粒子各自对应的作用半径，确定各流体粒子各自对应的邻居粒子。

在实际应用中，预先配置各流体粒子各自对应的作用半径，作用半径的具体值可以根据具体需要或者实际应用进行配置。在确定各流体粒子的邻居粒子时，获取预先配置的各流体粒子各自对应的作用半径，对于每一
10 流体粒子，与该流体粒子的距离小于等于作用半径的流体粒子，确定为该流体粒子的邻居粒子。

在一示例中，在获取任一流体粒子 0 的邻居粒子时，终端设备计算各流体粒子与流体粒子 0 的距离，并将与流体粒子 0 的距离小于等于作用半径的流体粒子为流体粒子 0 的邻居粒子，也就是说，终端设备以流体粒子
15 0 作为圆心，将作用半径为 h 的球体内的流体粒子 A、B、C、D 确定为流体粒子 0 的邻居粒子。可以理解的是，在确定其他流体粒子的邻居粒子时，可以以其他流体粒子为圆心、以 h 为半径的球体内的流体粒子作为该流体粒子的邻居粒子，为简明目的，在此不再赘述。

在确定流体粒子的邻居粒子时，终端设备还可以将整个空间划分成立
20 方体格子，格子边长于作用半径。终端设备可以用一个哈希表记录每个格子中包含的流体粒子。终端设备在计算当前流体粒子 0 的邻居粒子时，只需要计算与流体粒子 0 所在格子以及相邻格子中的流体粒子之间的距离，不需要计算流体粒子 0 与所有粒子之间的距离，从而减小了计算量，提升了计算性能。

25 终端设备确定了各流体粒子的邻居粒子之后，根据流体粒子的位置 p' 、以及流体粒子的各邻居粒子的位置，对流体粒子的位置进行调整的具体实现方式见如下实施例。

在一种可能的实现方式中，针对任一流体粒子，根据流体粒子的各邻居粒子的位置，调整流体粒子的位置，包括：

根据流体粒子的位置、以及流体粒子的各邻居粒子的位置，确定流体粒子的位置修正量；以及

根据位置修正量，调整流体粒子的位置。

在实际应用中，流体粒子的位置 p' 、流体粒子的各邻居粒子的位置均
5 可以为三维空间中的一个向量，终端设备可以根据这些向量计算位置修正量，并且，终端设备根据该位置修正量，对流体粒子的位置进行调整，并将调整后的位置作为该流体粒子的位置，终端设备在用户显示界面中显示该流体粒子从受到外力作用之前的位置移动到调整后的位置，从而在用户显示界面中呈现流体的动态的变化效果。

10 在本公开技术方案中，通过以下具体实现方式确定流体粒子的位置修正量：

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，根据流体粒子的位置、以及流体粒子的各邻居粒子的位置，确定流体粒子的位置修正量，包括：

15 获取流体的平均密度、流体粒子对应的约束因子、以及流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子；

根据流体粒子的位置、流体粒子的各邻居粒子的位置、流体粒子对应的作用半径、流体粒子对应的约束因子、流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子、以及流体的平均密度，确定流体粒子的位置修正量。

20 其中，流体的平均密度为预先配置的值。针对每一流体粒子，根据该流体粒子的位置、该流体粒子的各邻居粒子的位置，可以确定该流体粒子和该流体粒子的各邻居粒子之间的距离。

在一示例中，可以通过如下公式（1）计算流体粒子对应的位置修正量：

$$\Delta p_i = \frac{1}{\rho_0} \sum_j (\lambda_i + \lambda_j) \nabla w(p_i - p_j, h) \quad (1)$$

25 其中， Δp_i 表示第 i 个流体粒子对应的位置修正量； ρ_0 表示流体的平均密度； λ_i 表示第 i 个流体粒子对应的约束因子； λ_j 表示第 i 个流体粒子的第 j 个邻居粒子对应的约束因子； p_i 表示第 i 个流体粒子的位置； p_j 表示第 i 个流体粒子的第 j 个邻居粒子的位置； h 表示第 i 个流体粒子对应

的作用半径； $w(\cdot)$ 表示核函数，可以按照如下公式（2）-（3）来计算：

$$w(r, h) = \frac{15}{\pi h^6} \begin{cases} (h - |r|)^3 & 0 \leq |r| \leq h \\ 0 & |r| > h \end{cases} \quad (2)$$

$$\nabla w(r, h) = -\frac{45}{\pi h^6} \begin{cases} (h - |r|)^2 \frac{r}{|r|} & 0 \leq |r| \leq h \\ 0 & |r| > h \end{cases} \quad (3)$$

5 其中， $r = p_i - p_j$ ； h 表示第 i 个流体粒子对应的作用半径。

在得到各流体粒子对应的位置修正量之后，针对每一流体粒子，可以通过如下公式（4）对流体粒子的位置进行调整：

$$p = p' + \Delta p \quad (4)$$

10 其中， Δp 表示流体粒子对应的位置修正量； p' 表示流体粒子的位置； p 表示流体粒子经过调整之后的位置。

另外，本公开技术方案中，还可以根据流体粒子调整之后的位置 p 、流体粒子受到外力作用之前的位置 p_0 和预先配置的、计算调整之后的位置的时间间隔，确定流体粒子受到外力作用并进行位置调整之后的速度。可以通过如下公式（5）计算流体粒子的速度：

$$15 \quad v = \frac{p - p_0}{\Delta t} \quad (5)$$

其中， p 表示流体粒子经过调整之后的位置； p_0 表示流体粒子受到外力作用之前的位置， Δt 表示计算调整之后的位置的时间间隔，可以为预先配置的值，例如， Δt 可以为 0.006 秒，由于在较短的时间内计算流体粒子的速度，因此，可以按照匀速运动的方式确定流体粒子的速度； v 表示流体粒子受到外力作用并进行位置调整、经过 Δt 时间之后的速度。

终端设备在计算流体粒子的调整后的位置以及速度时，还可以经过多次迭代计算，得到最终的输出结果，具体的迭代次数可以根据具体需要预先进行配置。在显示流体粒子的运动过程时，终端设备将流体粒子从受到外力作用之前的位置移动到最终输出的调整后的位置，从而在用户显示界

面中呈现流体的动态的变化效果。

其中，对于获取约束因子的具体实现方式，具体见如下实施例：

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，获取流体粒子对应的约束因子，包括：

5 获取流体粒子对应的密度预估值；

根据流体粒子对应的密度预估值、以及流体的平均密度，确定流体粒子对应的密度约束值；

10 根据流体粒子对应的密度约束值、流体粒子的位置、流体粒子的各邻居粒子的位置、以及流体粒子对应的作用半径，确定流体粒子对应的约束因子。

其中，流体的平均密度为预先配置的值。根据流体粒子对应的密度预估值、以及流体的平均密度，可以确定流体粒子对应的密度约束值。

在一示例中，可以通过如下公式（6）计算流体粒子对应的密度约束值：

$$15 \quad C_i(p_1, \dots, p_n) = \frac{\rho_i}{\rho_0} - 1 \quad (6)$$

其中， $C_i(p_1, \dots, p_n)$ 表示第 i 个流体粒子对应的密度约束值； ρ_i 表示第 i 个流体粒子对应的密度预估值； ρ_0 表示流体的平均密度。

20 另外，根据流体粒子对应的密度约束值、流体粒子的位置、流体粒子的各邻居粒子的位置、以及流体粒子对应的作用半径，可以确定流体粒子对应的约束因子。

在一示例中，可以通过如下公式（7）计算流体粒子对应的约束因子：

$$\lambda_i = - \frac{C_i(p_1, \dots, p_n)}{\sum_k \left| \nabla_{p_k} C_i \right|^2 + \varepsilon} \quad (7)$$

25 其中， λ_i 表示第 i 个流体粒子对应的约束因子； p_k 表示第 i 个流体粒子对应的第 k 个邻居粒子的位置； ε 表示松弛参数，为预先配置的常数； $\nabla_{p_k} C_i$ 表示 $C_i(p_1, \dots, p_n)$ 相对于第 k 个邻居粒子的位置的梯度，可以通过公式（8）来计算：

$$\nabla_{p_k} C_i = \frac{1}{\rho_0} \begin{cases} \sum_j \nabla_{p_k} w(p_i - p_j, h) & k = i \\ -\nabla_{p_k} w(p_i - p_j, h) & k = j \end{cases} \quad (8)$$

其中, $w(\quad)$ 表示核函数, 可以按照公式 (2) - (3) 来计算; 当 $k = i$ 时, 表示该流体粒子本身作为自己的邻居粒子的情况, 除此之外, 均为 $k = j$ 的情况, 表示该流体粒子还具有其他的邻居粒子。

5 其中, 对于获取密度预估值的具体实现方式, 具体见如下实施例:

在一种可能的实现方式中, 针对每一流体粒子, 获取流体粒子对应的密度预估值, 包括:

获取流体粒子的各邻居粒子各自的质量;

10 根据流体粒子的各邻居粒子各自的质量、流体粒子的位置、流体粒子的各邻居粒子的位置、以及流体粒子对应的作用半径, 确定流体粒子对应的密度预估值。

其中, 流体粒子的各邻居粒子各自的质量为预先配置的值, 流体中的各流体粒子可以配置相同的质量。针对每一流体粒子, 根据该流体粒子的各邻居粒子各自的质量、该流体粒子的位置、该流体粒子的各邻居粒子的位置、以及该流体粒子对应的作用半径, 可以确定流体粒子对应的密度预估值。

在一示例中, 可以通过如下公式 (9) 计算流体粒子对应的密度预估值:

$$\rho_i = \sum_j m_j w(p_i - p_j, h) \quad (9)$$

20 其中, ρ_i 表示第 i 个流体粒子对应的密度预估值; m_j 表示第 i 个流体粒子的第 j 个邻居粒子的质量; p_i 表示第 i 个流体粒子的位置; p_j 表示第 i 个流体粒子的第 j 个邻居粒子的位置; h 表示第 i 个流体粒子对应的作用半径; $w(\quad)$ 表示核函数, 可以按照公式 (2) - (3) 来计算。

25 基于上述本公开所提供的技术方案, 下面以一个具体实施例对该技术方案进行阐释, 该具体实施例及其内容仅是为了说明本公开方案的一种可能的实现方式, 并不代表本公开方案的全部实现方式。

如图 2 所示, 执行步骤 S201: 终端设备获取各流体粒子的初始速度

和位置（如图中所示的“初始化”）；

当流体受到外力作用时，终端设备执行步骤 S202，根据外力作用的大小，确定各流体粒子各自的位置（如图中所示的“处理外部力作用”）；

5 执行步骤 S203，根据流体粒子各自的位置，确定各流体粒子各自对应的邻居粒子（如图中所示的“查找邻居粒子”）；

执行步骤 S204，根据各流体粒子的位置、以及各流体粒子的邻居粒子的位置，调整各流体粒子的位置，具体包括：

步骤 S2041，计算各流体粒子的密度预估值（如图中所示的“计算 ρ_i ”）；

10 步骤 S2042，计算各流体粒子的约束因子（如图中所示的“计算 λ_i ”）；

步骤 S2043，计算各流体粒子的位置偏移量（如图中所示的“计算 Δp ”）；

步骤 S2044，根据各流体粒子的位置偏移量对各流体粒子进行位置调整；

15 其中，步骤 S2041-步骤 S2044，可以通过 N 次迭代计算，得到最终的输出值。此处的 N 次可以为预先设置的值，且还可以根据实际情况和应用调整迭代次数。

执行步骤 S205，输出各流体粒子调整后的位置（如图中所示的“输出粒子位置”）。

20 本公开实施例提供的动态流体效果处理方法，启动至少两个线程，每个线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；当流体受到外力作用时，通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示流体的运动变化。本公开提供的技术方案，通过至少两个线程并行计算流体粒子的位置，提高了计算速度，使得移动终端可以实时展示流体的运动变化。

25 基于与图 1 中所示方法相同的原理，本公开的实施例中还提供了一种动态流体效果处理装置 30，如图 3 所示，该动态流体效果处理装置 30 可以包括：

启动模块 31，用于启动至少两个线程，每个线程对应流体的部分流

体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；

调整模块 32，用于在流体受到外力作用时，通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示流体的运动变化。

- 5 在一种可能的实现方式中，调整模块 32 在通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置时，每个线程是通过以下方式调整各自对应的流体粒子的位置的：

根据外力作用的大小，确定各流体粒子各自的位置；

根据流体粒子各自的位置，确定各流体粒子各自对应的邻居粒子；

- 10 针对每一流体粒子，根据流体粒子的各邻居粒子的位置，调整流体粒子的位置。

在一种可能的实现方式中，调整模块 32 在根据流体粒子各自的位置，确定各流体粒子各自对应的邻居粒子时，用于：

获取各流体粒子各自对应的作用半径；

- 15 根据各流体粒子各自的位置以及各流体粒子各自对应的作用半径，确定各流体粒子各自对应的邻居粒子。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，调整模块 32 在根据流体粒子的各邻居粒子的位置，调整流体粒子的位置时，用于：

- 20 根据流体粒子的位置、以及流体粒子的各邻居粒子的位置，确定流体粒子的位置修正量；

根据位置修正量，调整流体粒子的位置。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，调整模块 32 在根据流体粒子的位置、以及流体粒子的各邻居粒子的位置，确定流体粒子的位置修正量时，用于：

- 25 获取流体的平均密度、流体粒子对应的约束因子、以及流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子；

根据流体粒子的位置、流体粒子的各邻居粒子的位置、流体粒子对应的作用半径、流体粒子对应的约束因子、流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子、以及流体的平均密度，确定流体粒子的位置修正量。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，调整模块 32 在获取流体粒子对应的约束因子时，用于：

获取流体粒子对应的密度预估值；

根据流体粒子对应的密度预估值、以及流体的平均密度，确定流体粒子对应的密度约束值；

根据流体粒子对应的密度约束值、流体粒子的位置、流体粒子的各邻居粒子的位置、以及流体粒子对应的作用半径，确定流体粒子对应的约束因子。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，调整模块 32 在获取流体粒子对应的密度预估值时，用于：

获取流体粒子的各邻居粒子各自的质量；

根据流体粒子的各邻居粒子各自的质量、流体粒子的位置、流体粒子的各邻居粒子的位置、以及流体粒子对应的作用半径，确定流体粒子对应的密度预估值。

本公开实施例的动态流体效果处理装置可执行本公开的实施例所提供的动态流体效果处理方法，其实现原理相类似，本公开各实施例中的动态流体效果处理装置中的各模块所执行的动作是与本公开各实施例中的动态流体效果处理方法中的步骤相对应的，对于动态流体效果处理装置的各模块的详细功能描述具体可以参见前文中所示的对应的动态流体效果处理方法中的描述，此处不再赘述。

本公开实施例提供的动态流体效果处理装置，启动至少两个线程，每个线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；当流体受到外力作用时，通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示流体的运动变化。本公开提供的技术方案，通过至少两个线程并行计算流体粒子的位置，提高了计算速度，使得移动终端可以实时展示流体的运动变化。

下面参考图 4，其示出了适于用来实现本公开实施例的电子设备 600 的结构示意图。本公开实施例技术方案的执行主体可以包括但不限于诸如移动电话、笔记本电脑、数字广播接收器、PDA（个人数字助理）、PAD

（平板电脑）、PMP（便携式多媒体播放器）、车载终端（例如车载导航终端）等等的移动终端以及诸如数字 TV、台式计算机等等的固定终端。图 4 示出的电子设备仅仅是一个示例，不应对本公开实施例的功能和使用范围带来任何限制。

5 电子设备包括：存储器以及处理器，其中，这里的处理器可以称为下文所述的处理装置 601，存储器可以包括下文中的只读存储器（ROM）602、随机访问存储器（RAM）603 以及存储装置 608 中的至少一项，具体如下所示：

10 如图 4 所示，电子设备 600 可以包括处理装置（例如中央处理器、图形处理器等）601，其可以根据存储在只读存储器（ROM）602 中的程序或者从存储装置 608 加载到随机访问存储器（RAM）603 中的程序而执行各种适当的动作和处理。在 RAM 603 中，还存储有电子设备 600 操作所需的各种程序和数据。处理装置 601、ROM 602 以及 RAM 603 通过总线 604 彼此相连。输入/输出（I/O）接口 605 也连接至总线 604。

15 通常，以下装置可以连接至 I/O 接口 605：包括例如触摸屏、触摸板、键盘、鼠标、摄像头、麦克风、加速度计、陀螺仪等的输入装置 606；包括例如液晶显示器（LCD）、扬声器、振动器等的输出装置 607；包括例如磁带、硬盘等的存储装置 608；以及通信装置 609。通信装置 609 可以允许电子设备 600 与其他设备进行无线或有线通信以交换数据。虽然图 4
20 示出了具有各种装置的电子设备 600，但是应理解的是，并不要求实施或具备所有示出的装置。可以替代地实施或具备更多或更少的装置。

25 特别地，根据本公开的实施例，上文参考流程图描述的过程可以被实现为计算机软件程序。例如，本公开的实施例包括一种计算机程序产品，其包括承载在非暂态计算机可读介质上的计算机程序，该计算机程序包含用于执行流程图所示的方法的程序代码。在这样的实施例中，该计算机程序可以通过通信装置 609 从网络上被下载和安装，或者从存储装置 608 被安装，或者从 ROM 602 被安装。在该计算机程序被处理装置 601 执行时，执行本公开实施例的方法中限定的上述功能。

需要说明的是，本公开上述的计算机可读介质可以是计算机可读信号

介质或者计算机可读存储介质或者是上述两者的任意组合。计算机可读存储介质例如可以是一——但不限于——电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件，或者任意以上的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子可以包括但不限于：具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机访问存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、可擦式可编程只读存储器（EPROM 或闪存）、光纤、便携式紧凑磁盘只读存储器（CD-ROM）、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本公开中，计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质，该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。而在本公开中，计算机可读信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号，其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式，包括但不限于电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质，该计算机可读信号介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输，包括但不限于：电线、光缆、RF（射频）等等，或者上述的任意合适的组合。

在一些实施方式中，客户端、服务器可以利用诸如 HTTP（HyperText Transfer Protocol，超文本传输协议）之类的任何当前已知或未来研发的网络协议进行通信，并且可以与任意形式或介质的数字数据通信（例如，通信网络）互连。通信网络的示例包括局域网（“LAN”），广域网（“WAN”），网际网（例如，互联网）以及端对端网络（例如，ad hoc 端对端网络），以及任何当前已知或未来研发的网络。

上述计算机可读介质可以是上述电子设备中所包含的；也可以是单独存在，而未装配入该电子设备中。

上述计算机可读介质承载有一个或者多个程序，当上述一个或者多个程序被该电子设备执行时，使得该电子设备：启动至少两个线程，每个线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；当流体受到外力作用时，通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒

子的位置，以在用户显示界面动态展示流体的运动变化。

可以以一种或多种程序设计语言或其组合来编写用于执行本公开的操作的计算机程序代码，上述程序设计语言包括但不限于面向对象的设计语言—诸如 Java、Smalltalk、C++，还包括常规的过程式设计语言—诸如“C”语言或类似的程序设计语言。程序代码可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中，远程计算机可以通过任意种类的网络——包括局域网 (LAN) 或广域网 (WAN)——连接到用户计算机，或者，可以连接到外部计算机（例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接）。

附图中的流程图和框图，图示了按照本公开各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分，该模块、程序段、或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

描述于本公开实施例中所涉及到的模块或单元可以通过软件的方式实现，也可以通过硬件的方式来实现。其中，模块或单元的名称在某种情况下并不构成对该单元本身的限定。

本文中以上描述的功能可以至少部分地由一个或多个硬件逻辑部件来执行。例如，非限制性地，可以使用的示范类型的硬件逻辑部件包括：现场可编程门阵列 (FPGA)、专用集成电路 (ASIC)、专用标准产品 (ASSP)、片上系统 (SOC)、复杂可编程逻辑设备 (CPLD) 等等。

在本公开的上下文中，机器可读介质可以是有形的介质，其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备，或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、可擦除可编程只读存储器（EPROM 或快闪存储器）、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器（CD-ROM）、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

根据本公开的一个或多个实施例，本公开提供了一种动态流体效果处理方法，所述方法包括：

启动至少两个线程，每个所述线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；

当所述流体受到外力作用时，通过所述至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示所述流体的运动变化。

在一种可能的实现方式中，每个线程通过以下方式调整各自对应的流体粒子的位置：

根据所述外力作用的大小，确定各所述流体粒子各自的位置；

根据所述流体粒子各自的位置，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子；

针对每一流体粒子，根据所述流体粒子的各邻居粒子的位置，调整所述流体粒子的位置。

在一种可能的实现方式中，所述根据所述流体粒子各自的位置，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子，包括：

获取各所述流体粒子各自对应的作用半径；

根据各所述流体粒子各自的位置以及各所述流体粒子各自对应的作用半径，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，所述根据所述流体粒子的各邻居粒子的位置，调整所述流体粒子的位置，包括：

根据所述流体粒子的位置、以及所述流体粒子的各邻居粒子的位置，确定所述流体粒子的位置修正量；

5 根据所述位置修正量，调整所述流体粒子的位置。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，所述根据所述流体粒子的位置、以及所述流体粒子的各邻居粒子的位置，确定所述流体粒子的位置修正量，包括：

10 获取所述流体的平均密度、所述流体粒子对应的约束因子、以及所述流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子；

根据所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、所述流体粒子对应的作用半径、所述流体粒子对应的约束因子、所述流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子、以及所述流体的平均密度，确定所述流体粒子的位置修正量。

15 在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，所述获取所述流体粒子对应的约束因子，包括：

获取所述流体粒子对应的密度预估值；

根据所述流体粒子对应的密度预估值、以及所述流体的平均密度，确定所述流体粒子对应的密度约束值；

20 根据所述流体粒子对应的密度约束值、所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、以及所述流体粒子对应的作用半径，确定所述流体粒子对应的约束因子。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，所述获取所述流体粒子对应的密度预估值，包括：

25 获取所述流体粒子的各邻居粒子各自的质量；

根据所述流体粒子的各邻居粒子各自的质量、所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、以及所述流体粒子对应的作用半径，确定所述流体粒子对应的密度预估值。

根据本公开的一个或多个实施例，本公开提供了一种动态流体效果处

理装置，所述装置包括：

启动模块，用于启动至少两个线程，每个所述线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；

调整模块，用于当所述流体受到外力作用时，通过所述至少两个线程，
5 并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示所述流体的运动变化。

在一种可能的实现方式中，所述调整模块在通过至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置时，每个线程是通过以下方式调整各自对应的流体粒子的位置的：

10 根据所述外力作用的大小，确定各所述流体粒子各自的位置；

根据所述流体粒子各自的位置，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子；

针对每一流体粒子，根据所述流体粒子的各邻居粒子的位置，调整所述流体粒子的位置。

15 在一种可能的实现方式中，所述调整模块在所述根据所述流体粒子各自的位置，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子时，用于：

获取各所述流体粒子各自对应的作用半径；

根据各所述流体粒子各自的位置以及各所述流体粒子各自对应的作用半径，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子。

20 在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，所述调整模块在所述根据所述流体粒子的各邻居粒子的位置，调整所述流体粒子的位置时，用于：

根据所述流体粒子的位置、以及所述流体粒子的各邻居粒子的位置，确定所述流体粒子的位置修正量；

25 根据所述位置修正量，调整所述流体粒子的位置。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，所述调整模块在所述根据所述流体粒子的位置、以及所述流体粒子的各邻居粒子的位置，确定所述流体粒子的位置修正量时，用于：

获取所述流体的平均密度、所述流体粒子对应的约束因子、以及所述

流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子；

根据所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、所述流体粒子对应的作用半径、所述流体粒子对应的约束因子、所述流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子、以及所述流体的平均密度，确定所述
5 流体粒子的位置修正量。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，所述调整模块在获取所述流体粒子对应的约束因子时，用于：

获取所述流体粒子对应的密度预估值；

根据所述流体粒子对应的密度预估值、以及所述流体的平均密度，确
10 定所述流体粒子对应的密度约束值；

根据所述流体粒子对应的密度约束值、所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、以及所述流体粒子对应的作用半径，确定所述流体粒子对应的约束因子。

在一种可能的实现方式中，针对每一流体粒子，所述调整模块在获取
15 所述流体粒子对应的密度预估值时，用于：

获取所述流体粒子的各邻居粒子各自的质量；

根据所述流体粒子的各邻居粒子各自的质量、所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、以及所述流体粒子对应的作用半径，确定所述流体粒子对应的密度预估值。

20 根据本公开的一个或多个实施例，本公开提供了一种电子设备，包括：
一个或多个处理器；

存储器，存储一个或多个应用程序，其中，当所述一个或多个应用程序被所述一个或多个处理器执行时，使得所述电子设备执行所述动态流体效果处理方法。

25 根据本公开的一个或多个实施例，本公开提供了一种计算机可读介质，所述计算机可读介质用于存储计算机指令，当所述计算机指令被计算机执行时，使得所述计算机执行上述动态流体效果处理方法。

以上描述仅为本公开的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解，本公开中所涉及的公开范围，并不限于上述技术

特征的特定组合而成的技术方案，同时也应涵盖在不脱离上述公开构思的情况下，由上述技术特征或其等同特征进行任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本公开中公开的（但不限于）具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

- 5 此外，虽然采用特定次序描绘了各操作，但是这不应理解为要求这些操作以所示出的特定次序或以顺序次序执行来执行。在一定环境下，多任务和并行处理可能是有利的。同样地，虽然在上面论述中包含了若干具体实现细节，但是这些不应被解释为对本公开的范围的限制。在单独的实施例的上下文中描述的某些特征还可以组合地实现在单个实施例中。相反地，在单个实施例的上下文中描述的各种特征也可以单独地或以任何合适的子组合的方式实现在多个实施例中。
- 10

- 尽管已经采用特定于结构特征和/或方法逻辑动作的语言描述了本主题，但是应当理解所附权利要求书中所限定的主题未必局限于上面描述的特定特征或动作。相反，上面所描述的特定特征和动作仅仅是实现权利要求书的示例形式。
- 15

权 利 要 求 书

1、一种动态流体效果处理方法，其特征在于，所述方法包括：

5 启动至少两个线程，每个所述线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；

当所述流体受到外力作用时，通过所述至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示所述流体的运动变化。

10 2、根据权利要求 1 所述的动态流体效果处理方法，其特征在于，每个线程通过以下方式调整各自对应的流体粒子的位置：

根据所述外力作用的大小，确定各所述流体粒子各自的位置；

根据所述流体粒子各自的位置，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子；

15 针对每一流体粒子，根据所述流体粒子的各邻居粒子的位置，调整所述流体粒子的位置。

3、根据权利要求 2 所述的动态流体效果处理方法，其特征在于，所述根据所述流体粒子各自的位置，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子，包括：

获取各所述流体粒子各自对应的作用半径；

20 根据各所述流体粒子各自的位置以及各所述流体粒子各自对应的作用半径，确定各所述流体粒子各自对应的邻居粒子。

4、根据权利要求 2 所述的动态流体效果处理方法，其特征在于，针对每一流体粒子，所述根据所述流体粒子的各邻居粒子的位置，调整所述流体粒子的位置，包括：

25 根据所述流体粒子的位置、以及所述流体粒子的各邻居粒子的位置，确定所述流体粒子的位置修正量；

根据所述位置修正量，调整所述流体粒子的位置。

5、根据权利要求 4 所述的动态流体效果处理方法，其特征在于，针对每一流体粒子，所述根据所述流体粒子的位置、以及所述流体粒子的各

邻居粒子的位置，确定所述流体粒子的位置修正量，包括：

获取所述流体的平均密度、所述流体粒子对应的约束因子、以及所述流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子；

5 根据所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、所述流体粒子对应的作用半径、所述流体粒子对应的约束因子、所述流体粒子的各邻居粒子各自对应的约束因子、以及所述流体的平均密度，确定所述流体粒子的位置修正量。

6、根据权利要求 5 所述的动态流体效果处理方法，其特征在于，针对每一流体粒子，所述获取所述流体粒子对应的约束因子，包括：

10 获取所述流体粒子对应的密度预估值；

根据所述流体粒子对应的密度预估值、以及所述流体的平均密度，确定所述流体粒子对应的密度约束值；

15 根据所述流体粒子对应的密度约束值、所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、以及所述流体粒子对应的作用半径，确定所述流体粒子对应的约束因子。

7、根据权利要求 6 所述的动态流体效果处理方法，其特征在于，针对每一流体粒子，所述获取所述流体粒子对应的密度预估值，包括：

获取所述流体粒子的各邻居粒子各自的质量；

20 根据所述流体粒子的各邻居粒子各自的质量、所述流体粒子的位置、所述流体粒子的各邻居粒子的位置、以及所述流体粒子对应的作用半径，确定所述流体粒子对应的密度预估值。

8、一种动态流体效果处理装置，其特征在于，所述装置包括：

启动模块，用于启动至少两个线程，每个所述线程对应流体的部分流体粒子，不同的线程对应的流体粒子不同；

25 调整模块，用于当所述流体受到外力作用时，通过所述至少两个线程，并行调整每个线程各自对应的流体粒子的位置，以在用户显示界面动态展示所述流体的运动变化。

9、一种电子设备，其特征在于，包括：

一个或多个处理器；

存储器，存储一个或多个应用程序，其中，当所述一个或多个应用程序被所述一个或多个处理器执行时，使得所述电子设备执行根据权利要求 1-7 任一项所述的动态流体效果处理方法。

- 5 10、一种计算机可读介质，其特征在于，所述计算机可读介质用于存储计算机指令，当所述计算机指令被计算机执行时，使得所述计算机执行上述权利要求 1-7 中任一项所述的动态流体效果处理方法。

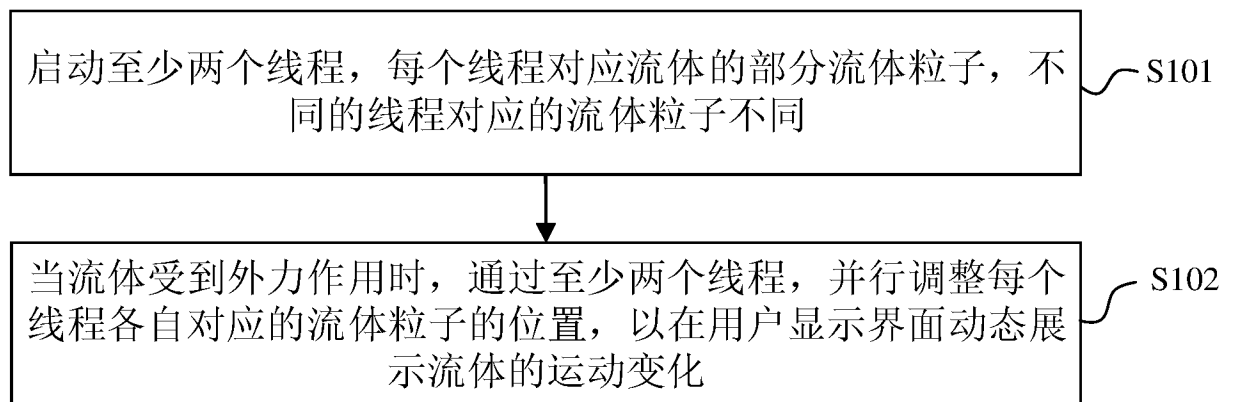


图 1

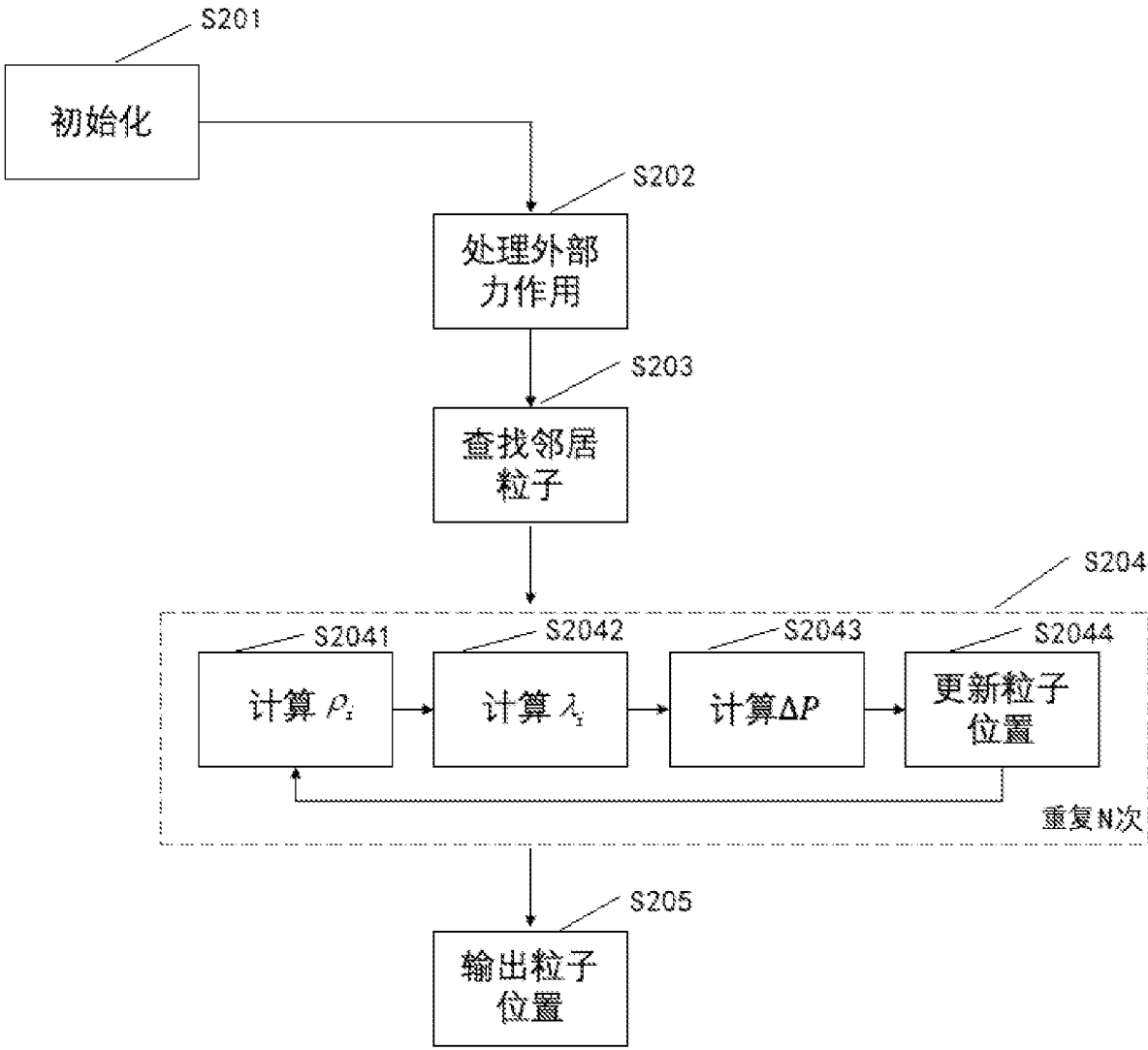


图 2

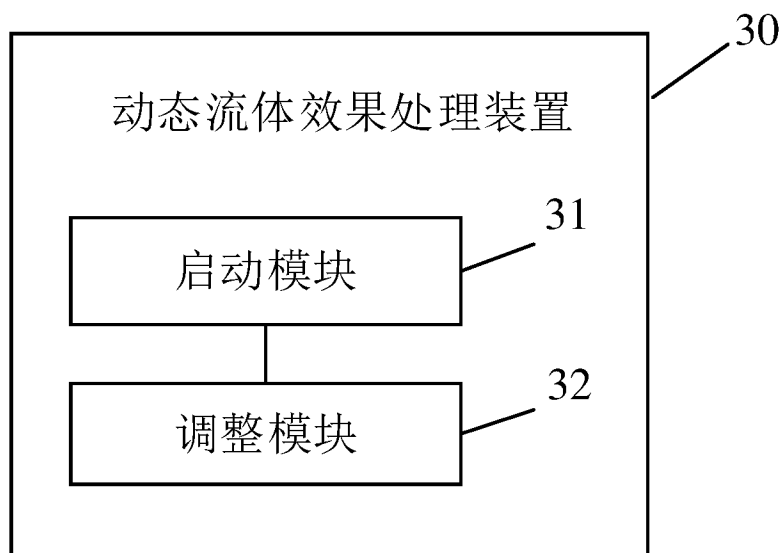


图 3

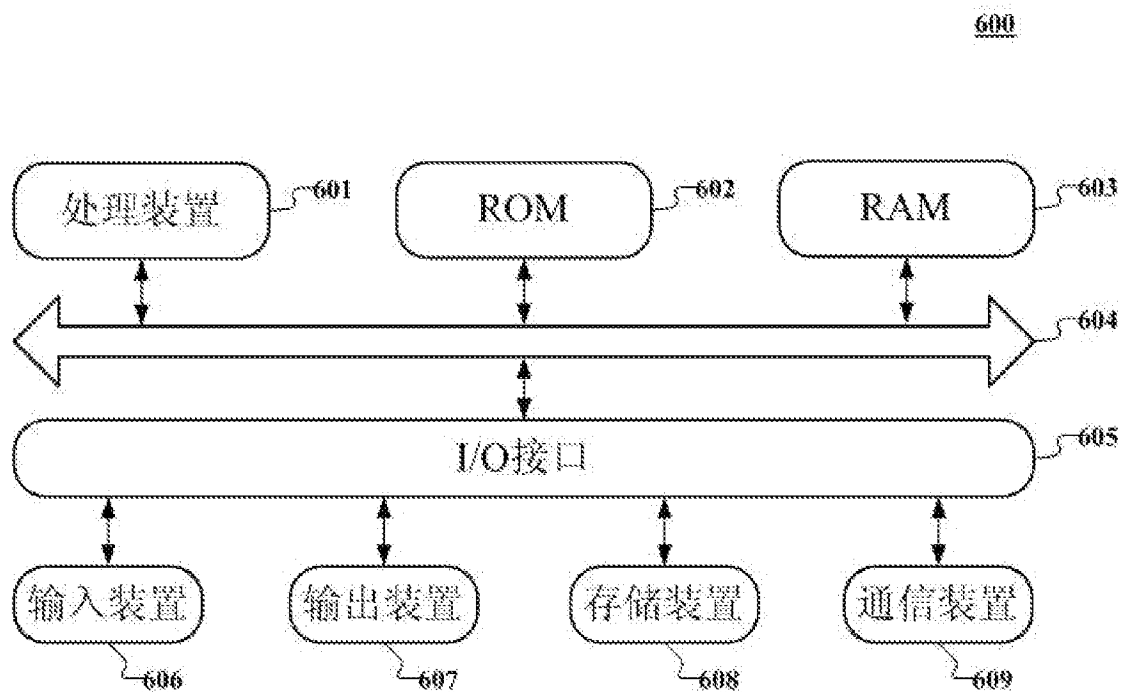


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/111609

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 13/20(2011.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 流体, 粒子, 线程, 位置, 移动, 运动, 邻居, 相邻, 仿真, 模拟, liquid, particle, thread, location, move, neighbor, simulate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106096215 A (EAST CHINA NORMAL UNIVERSITY) 09 November 2016 (2016-11-09) description paragraphs 0049-0144	1, 8-10
Y	CN 106096215 A (EAST CHINA NORMAL UNIVERSITY) 09 November 2016 (2016-11-09) description paragraphs 0049-0144	2-4
Y	CN 106484532 A (EAST CHINA NORMAL UNIVERSITY) 08 March 2017 (2017-03-08) description paragraphs 0032-0062, claim 1	2-4
A	CN 107248188 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 13 October 2017 (2017-10-13) entire document	1-10
A	CN 107633123 A (ZHEJIANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 26 January 2018 (2018-01-26) entire document	1-10
A	WO 2017124809 A1 (SHANGHAI FEIXUN COMMUNICATION CO., LTD.) 27 July 2017 (2017-07-27) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 October 2021

Date of mailing of the international search report

09 November 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/111609

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106096215	A	09 November 2016	CN	106096215	B	30 April 2019
CN	106484532	A	08 March 2017	CN	106484532	B	10 September 2019
CN	107248188	A	13 October 2017	CN	107248188	B	10 December 2019
CN	107633123	A	26 January 2018	CN	107633123	B	18 May 2021
WO	2017124809	A1	27 July 2017	CN	105718998	A	29 June 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/111609

A. 主题的分类 G06T 13/20 (2011.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06T 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI: 流体, 粒子, 线程, 位置, 移动, 运动, 邻居, 相邻, 仿真, 模拟, liquid, particle, thread, location, move, neighbor, simulate																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 106096215 A (华东师范大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第0049-0144段</td> <td>1, 8-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106096215 A (华东师范大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第0049-0144段</td> <td>2-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106484532 A (华东师范大学) 2017年 3月 8日 (2017 - 03 - 08) 说明书第0032-0062段, 权利要求1</td> <td>2-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107248188 A (上海交通大学) 2017年 10月 13日 (2017 - 10 - 13) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107633123 A (浙江工业大学) 2018年 1月 26日 (2018 - 01 - 26) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017124809 A1 (SHANGHAI FEIXUN COMMUNICATION CO., LTD.) 2017年 7月 27日 (2017 - 07 - 27) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 106096215 A (华东师范大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第0049-0144段	1, 8-10	Y	CN 106096215 A (华东师范大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第0049-0144段	2-4	Y	CN 106484532 A (华东师范大学) 2017年 3月 8日 (2017 - 03 - 08) 说明书第0032-0062段, 权利要求1	2-4	A	CN 107248188 A (上海交通大学) 2017年 10月 13日 (2017 - 10 - 13) 全文	1-10	A	CN 107633123 A (浙江工业大学) 2018年 1月 26日 (2018 - 01 - 26) 全文	1-10	A	WO 2017124809 A1 (SHANGHAI FEIXUN COMMUNICATION CO., LTD.) 2017年 7月 27日 (2017 - 07 - 27) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 106096215 A (华东师范大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第0049-0144段	1, 8-10																					
Y	CN 106096215 A (华东师范大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第0049-0144段	2-4																					
Y	CN 106484532 A (华东师范大学) 2017年 3月 8日 (2017 - 03 - 08) 说明书第0032-0062段, 权利要求1	2-4																					
A	CN 107248188 A (上海交通大学) 2017年 10月 13日 (2017 - 10 - 13) 全文	1-10																					
A	CN 107633123 A (浙江工业大学) 2018年 1月 26日 (2018 - 01 - 26) 全文	1-10																					
A	WO 2017124809 A1 (SHANGHAI FEIXUN COMMUNICATION CO., LTD.) 2017年 7月 27日 (2017 - 07 - 27) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																			
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																						
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期																					
2021年 10月 25日		2021年 11月 9日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员																					
中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		胡丽丽 电话号码 86-(10)-53961386																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/111609

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	106096215	A	2016年 11月 9日	CN	106096215 B 2019年 4月 30日
CN	106484532	A	2017年 3月 8日	CN	106484532 B 2019年 9月 10日
CN	107248188	A	2017年 10月 13日	CN	107248188 B 2019年 12月 10日
CN	107633123	A	2018年 1月 26日	CN	107633123 B 2021年 5月 18日
WO	2017124809	A1	2017年 7月 27日	CN	105718998 A 2016年 6月 29日