

(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
2020 年 11 月 5 日 (05.11.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/221034 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61B 5/12 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/085480
- (22) 国际申请日: 2020 年 4 月 18 日 (18.04.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910356161.7 2019年4月29日 (29.04.2019) CN
- (71) 申请人: 天津大学 (TIANJIN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。
- (72) 发明人: 倪广健 (NI, Guangjian); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。许淄豪 (XU, Zihao); 中国天津市南开区卫津路 92

号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。明东 (MING, Dong); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。刘宝禄 (LIU, Baolu); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。张海裕 (ZHANG, Haiyu); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。郑琪 (ZHENG, Qi); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。庞嘉 (PANG, Jia); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。

- (74) 代理人: 天津市北洋有限责任专利代理事务所 (BEI & OCEAN); 中国天津市南开区鞍山西道 282 号启航大厦 1210 室, Tianjin 300073 (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,

(54) Title: AUDITORY SPATIAL POSITIONING ABILITY PARAMETERISED TESTING SYSTEM AND MINIMUM AUDIBLE ANGLE METHOD

(54) 发明名称: 听觉空间定位能力的参数化检测系统及最小可听角的方法

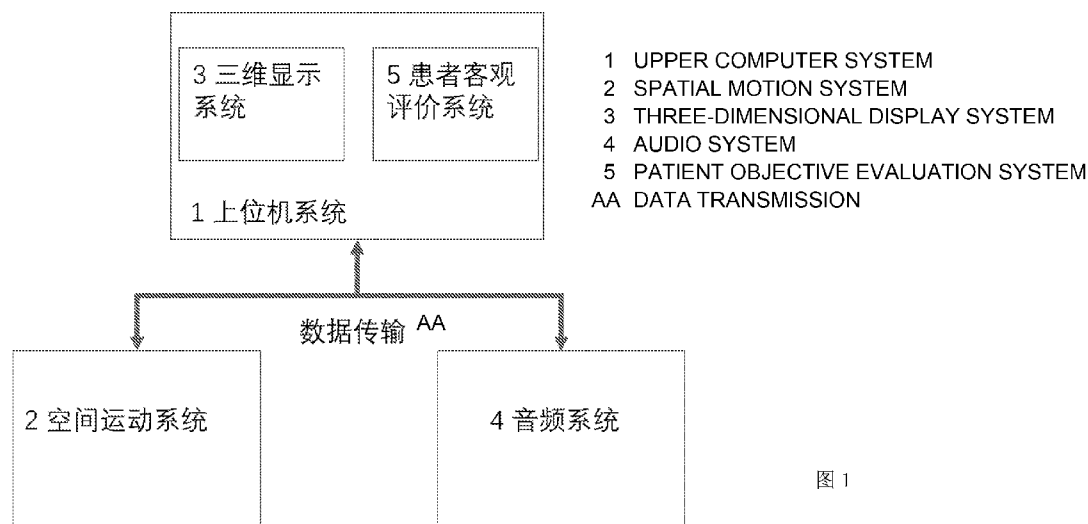


图 1

(57) Abstract: An auditory spatial positioning ability parameterised testing system and minimum audible angle method, said system comprising: an upper computer system (1), which calculates spatial motion data, and communicates with a lower computer; a spatial motion system (2), which implements spatial control at any position via circumferential motion, radial motion and vertical motion; a real-time three-dimensional display system (3), which is arranged in the upper computer system (1); an audio system (4), which randomly generates sound source audio data types and equidifferent decibel sound sources; a patient objective evaluation system (5), which is used for testing spatial positioning of a person for matching with sound source spatial data, and providing an objective evaluation. The method comprises: adjusting a control mode of a servo motor driver for circumferential motion, radial motion and vertical motion to a speed control mode, so that motion times between each two sound source points are the same. Sound source point distances are

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, 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, 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))。

constantly changed, until a subject cannot accurately distinguish sound source point spatial positions, at which point the testing stops, the spatial angle between the two sound source points being the minimum audible angle of the subject. The auditory spatial positioning ability parameterised testing system and minimum audible angle method increase control precision.

(57) 摘要: 一种听觉空间定位能力的参数化检测系统及最小可听角的方法, 系统包括: 上位机系统(1)计算空间运动数据并与下位机进行通讯; 空间运动系统(2)通过周向运动、径向运动和垂直运动实现空间任意位置控制; 实时三维显示系统(3)内置于上位机系统(1); 音频系统(4)随机生成声源音频数据类型和等差值分贝声源; 患者客观评价系统(5)用于检测人的空间定位与声源空间数据进行匹配并给出客观评价。方法包括: 将周向运动、径向运动和垂直运动的伺服电机驱动器的控制模式调为速度控制方式, 使得每两个声源点之间的运动时间相同。声源点距离不断变化, 直到被试者不能正确分辨出声源点空间位置时停止检测, 此时两个声源点之间的空间角为被试者的最小可听角。听觉空间定位能力的参数化检测系统及最小可听角的方法提高控制精度。

听觉空间定位能力的参数化检测系统及最小可听角的方法

技术领域

本发明涉及听觉空间定位领域，尤其涉及一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，
5 该系统涉及三维空间声源的人类听觉空间辨别能力。

背景技术

听觉对声源方位的判断是人耳最重要的功能之一。人的单耳和双耳都具有定位能力。单耳定位是耳廓各部位对入射声波反射而引起的听觉效果，称为耳廓效应。双耳定位是依
10 靠两条线索来定位声音：声音到达双耳的时间差别——耳时间差，和声音到达两只耳朵强度差。单耳定位主要表现在竖直方向，而双耳定位主要在水平方向。从声源发出的声波传入两耳，先通过两侧耳蜗的感受，分别产生两侧耳蜗神经上的输入信息，再由中枢系统进行分析综合，依靠两侧大脑听区的协同工作才能辨别出声源方向。只有当两耳听觉中存在差异，脑神经才能根据这些差异来判断声源空间方位。从声源发出的声波到达双耳时的声
15 级差、时间差、相位差、音色差以及哈斯效应和德·波埃效应等，都为声源方位的判定提供依据。在低频（0.5-2kHz）声源定位时，人对时间差（相位差）敏感，人的时间差最大值为 700ms，但在 10-20ms 就可以定位空间声源位置；在高频（4-16kHz）声源定位时，人对强度差敏感。

听觉系统在人体发育过程中成熟较早，在出生前 3 个月已经开始，新生儿及婴儿已经
20 具备一定的声源定位能力，可区分声音信息是来自左还是右。幼儿垂直声源定位能力随着月龄增长准确度提高，到 5 岁时就可以准确达到 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ ，与成人相比没有明显差异。声源定位测试者分为两大类：第一类，新出生婴儿及正常体检患者；第二类，听力障碍患者。目前听力残障患者进行声源定位测试主要可分为三类：单侧耳蜗植入患者的声源定位测试、双侧耳蜗植入患者的声源定位测试和双模式（一侧人工耳蜗，对侧助听器）患者的声源定
25 位测试。

目前常用的声源定位测试仪器主要是音笼。音笼的主要技术指标：各固定声源与中心距离相等，即音笼半径 500mm；声源固定方位：25 个，分三个横剖面与四个纵剖面，每个横剖面上八个声源，每个纵剖面上有 7 个声源；声源音频分为高频（3500Hz）、中频（1000Hz）、低频（300Hz）；音量连续可调；可以设定 10-100 次（每档十次）的实验次数；

自动判断对错，并实时显示正确或错误次数；被试判断应答键盘是由 25 个方位键与预备、正确、错误指示灯。该装置不仅能够提供与听轴中心等距离的二十五个方位上产生声音刺激的意识，还能实时数码显示听觉定位的准确率，是测定听觉定位能力的常用仪器。

然而，常用的听觉定位能力的仪器采用固定 25 个声源位置进行随机声源测试，不能够提供较为精确的空间任意位置的声源测试，最为重要的一点是不能够提供被试者定位声源的最小可听角。

综上所述，亟需一种能够精确定位三维空间球体上任意一点的生源测试，且能够参数化控制声源精确位置，提供精确的被试者听觉空间的最小可听角的听觉定位检测系统。而关于这种检测系统目前还没有相关研究。

10

发明内容

本发明针对现有系统的不足，提供了一种参数化的空间任意位置的听觉定位检测系统，且该系统提供一种精确的被试者的听觉空间的最小可听角的参数化，详见下文描述：

一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，所述系统包括：

上位机系统按照基于非线性最小二乘算法的空间坐标转换算法计算空间运动数据并与下位机进行通讯；空间运动系统通过周向运动、径向运动和垂直运动实现空间任意位置的精确控制；

实时三维显示系统内置于上位机系统中，基于虚拟现实技术，将三维模型通过系统图像进行实时重构，反馈系统的实时运动数据；音频系统随机生成声源音频数据类型和等差值分贝声源。

患者客观评价系统用于检测人耳声源空间定位选择空间点数据、与真实声源空间数据进行匹配并给出客观评价。

其中，所述上位机系统由工控机、144Hz 刷新频率显示器、通讯电缆组成；

工控机根据临床指标和被试者生理参数，根据空间转换算法随机生成空间声源检测点的时间序列和空间位置，并将数据缓存到数据区，通过通讯协议将数据结果发送到空间运动系统的驱动器。

所述音频系统根据临床经验和被试者的生理学参数，随机生成与空间位置数量相同的最优声源音频数据，并将最优声源音频数据一一随机匹配到空间坐标数据，根据坐标点的时间顺序随机重复播放生成的音频信号。

进一步地，所述患者客观评价系统是被试者在实时三维显示系统的界面上点选声源的空间位置，并将被试者选择的空间位置跟缓存列表中的空间位置进行匹配检验，客观给出患者的空间定位能力的评价结果。

5 所述工控机将数据列表中的坐标按照被试者双耳的空间中心点为当前坐标原点，将坐标转换成周向运动脉冲数、径向运动脉冲数以及垂直运动脉冲数，并将这些数据按照时间标签暂存到数据栈中。

具体实现时，被试者根据声源音频信息判断出空间位置，在被试者的显示屏上进行虚拟实体的空间位置选择，工控机根据被试者选择的空间位置坐标信息与对应顺次的空间位置缓存数据进行匹配，给出被试者是否正确判断出声源空间位置。
10

一种听觉空间定位能力的参数化检测最小可听角的方法，所述方法包括以下步骤：

根据被试者空间定位能力检测结果归类出最高正确率和最低正确率的空间位置；

在最高正确率和最低正确率的空间位置内任选一个空间点作为声源的起始点；

在区域的边缘点和起始点之间等比例缩小声源间空间距离；

15 通过伺服电机驱动器的速度控制模块使每个声源点之间运动时间相等；

实时匹配被试者点选的空间位置与声源空间位置数据，当匹配正确时继续缩小最小可听角，当大于等于阈值时，将当前可听角数值作为被试者的最小可听角。

具体实现时，当匹配不正确时，按照当前的可听角数值在目前位置点附近随机更新五组空间位置点，继续进行匹配。

20 所述声源间空间距离具体为：水平角度、垂直角度和球心距离变化。

本发明提供的技术方案的有益效果是：

1、高度智能化、参数化声源空间定位检测系统。本发明采用工控机作为参数化检测系统的主控硬件设备，可以通过临床数据和被试者的生理学参数，依据一定算法随机生成空间球体上检测点的空间位置数据序列，将生成空间点坐标数据按照时间标签缓存到数据列表（数据栈），通过通讯协议将数据传输给运动控制系统。
25

2、检测系统的周向运动采用伺服电机与齿轮结构驱动，通过实时与工控机通讯反馈校准达到精确位置控制（脉冲数检验），此外，在周向运动时采用凹槽状轨道降低摩擦等其他干扰之外还能起到保护作用，提高参数化检测系统的安全系数。

30 3、检测系统的径向运动采用伺服电机与丝杠结构驱动，通过工控机计算得出空间径

向控制电机的运动脉冲数发送到伺服电机驱动器，然后采用位置控制方式实现径向运动位置的精准控制。此外，结合丝杠驱动结构，提高参数化检测系统径向运动精确度，将伺服电机的圆周运动转变成直线运动。

4、检测系统的垂直运动采用伺服电机与滚轮结构驱动，将工控机的垂直运动脉冲数
5 据发送到垂直运动伺服电机驱动器，根据位置控制方式实现倒链长度精确控制。在经过滚轮结构，将倒链长度控制精度提高一倍，以达到垂直运动的精度要求。

5、通过运动控制系统（轴向运动伺服电机与齿轮组，径向运动伺服电机与丝杠组，垂直伺服电机与辊筒滚轮结构三部分）的位置控制，可以实现在空间球体上的精确控制，空间位置控制精度达到 0.05° 。

10 6、三维显示系统采用两块 144Hz 的显示器。一块作为操作者的显示屏幕，该屏幕实时显示声源的三维空间位置变化情况，以使操作者可以实时观察声源位置；另一块作为被试者的显示屏幕，被试者通过鼠标可以任意旋转、缩放、平移声源球体空间的三维模型，在显示屏上进行点选分辨的声源空间位置。

15 7、被试者听觉偏移角医学指标检测子系统。该子系统通过比对生成的声源点坐标数据列表与被试者点选的声源点位置，计算出准确率并且给出偏移角的平均值，作为操作者（医生）的客观评价依据。

8、最小可听角参数化检测。在听觉三维空间选择一点作为起始点，在它周围选择另外一点作为终止点，在两点之间等比例缩小声源点到球心距离，将周向运动、径向运动和垂直运动的伺服电机驱动器的控制模式调为速度控制方式，使得每两个声源点之间的运动
20 时间相同。声源点距离不断变化，直到被试者不能正确分辨出声源点空间位置时停止检测，此时两个声源点之间的空间角为被试者的最小可听角。

9、本发明除了让患者判断出声源的空间角度之外，还让患者必须做出声源位置距离球心的距离判断，相较于音笼检测装置有明显的不同（只有空间角度的判断，没有空间距离的判断）。

25 10、本检测系统可以根据医生的临床需求，通过周向运动，径向运动和垂直运动，营造三维球体范围内的任意定点的声源，并且只需要一个声源发生器。

附图说明

图 1 为一种听觉空间定位能力的参数化检测系统的结构图；

30 图 2 为听觉空间定位能力的参数化检测系统的工作流程图；

图 3 为听觉最小可听角测试的工作流程图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面对本发明实施方式作进一步地详细描述。

实施例 1

一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，参见图 1 和图 2，该参数化检测系统包括：上位机系统 1、空间运动系统 2、实时三维显示系统 3、音频系统 4 和患者客观评价系统 5，其中，

上位机系统 1 按照基于非线性最小二乘算法的空间坐标转换算法计算空间运动数据并与下位机（伺服电机的驱动器与控制器）进行通讯；空间运动系统 2 通过周向运动、径向运动和垂直运动实现空间任意位置的精确控制；

实时三维显示系统 3 内置于上位机系统 1 中，基于虚拟现实技术，将三维模型通过系统图像进行实时重构，反馈系统的实时运动数据；音频系统 4 随机生成声源音频数据类型和等差值分贝声源。

患者客观评价系统 5 用于检测人耳声源空间定位选择空间点数据、与真实声源空间数据进行匹配并给出客观评价。

具体实现时，上位机系统 1 是由工控机、144Hz 刷新频率显示器、通讯电缆组成。工控机主要根据临床指标和被试者生理参数，根据空间转换算法随机生成空间声源检测点的时间序列和空间位置，并将数据缓存到数据区（缓存列表、堆栈），通过通讯协议将数据结果发送到空间运动系统 2 的驱动器；144Hz 刷新频率显示器提供基于真实环境的虚拟三维显示。

空间运动系统 2 由轴向运动、径向运动和垂直运动三个子模块组成，每一个子模块的运动通过对应的伺服电机驱动器控制运动的精确度，伺服电机驱动器根据通讯协议经过通讯电缆与工控机进行实时通讯，以实现声源在空间球体范围内的任一点的精确定位。

实时三维显示系统 3 是数据信息处理部分，将每个子模块伺服电机驱动器发送的脉冲数据根据转换规则实时调整虚拟模型中每个子部件（例如：周向运动系统，径向运动系统等）在世界坐标上的空间位置，重建三维数据显示系统，呈现在显示器上。

其中，上述转换规则是根据伺服电机的参数和通讯协议进行一一对应，用来提高位置精度，本发明实施例对此不做赘述。

音频系统 4 根据临床经验（通常为专家知识库，本发明实施例对此不做赘述）和被试者的生理学参数，随机生成与空间位置数量相同的最优声源音频数据，并将最优声源音频数据一一随机匹配到空间坐标数据，根据坐标点的时间顺序随机重复播放生成的音频信号，使检测结果更加客观。

- 5 患者客观评价系统 5 是被试者在实时三维显示系统 3 的界面上点选声源的空间位置，并将被试者选择的空间位置跟缓存列表中的空间位置进行匹配检验，客观给出患者的空间定位能力的评价结果。

实施例 2

- 10 下面结合具体的操作步骤，对实施例 1 中的方案进行进一步地介绍，详见下文描述：
- 101：根据被试者空间定位能力检测结果归类出最高正确率和最低正确率的空间位置；
- 102：在最高正确率和最低正确率的空间位置内任选一个空间点作为声源的起始点；
- 103：在区域的边缘点和起始点之间等比例缩小声源间空间距离——包括：水平角度、垂直角度和球心距离变化；

- 15 具体实现时，将起始点与球心连线作为轴，在空间内与轴夹角为 10° 且与球体相交的区域即为备选区域范围。

104：通过伺服电机驱动器的速度控制模块使每个声源点之间运动时间相等（避免被试者根据经验提前预估空间声源下一个空间方向）；

- 20 105：实时匹配被试者点选的空间位置与声源空间位置数据，当匹配正确时继续缩小最小可听角，当匹配不正确时，按照当前的可听角数值在目前位置点附近随机更新五组空间位置点，如果匹配正确率大于等于阈值（例如：80%）则继续下去，否则停止测试，并将当前可听角数值作为被试者的最小可听角。

其中，上述阈值 80% 根据实际应用中的需要进行设定，本发明实施例对此不做限制。

25 实施例 3

201：操作者将被试者的生理参数和试验测试次数输入到工控机的交互界面，工控机随机生成空间点坐标序列并且缓存到数据列表；

- 202：工控机将数据列表中的坐标按照被试者双耳的空间中心点为当前坐标原点，将坐标转换成周向运动脉冲数、径向运动脉冲数以及垂直运动脉冲数，并将这些数据按照时间标签暂存到数据栈中；
- 30

203: 将数据栈中的数据帧按照“先入先出”的原则, 按照 RS-485 通讯协议通过数据电缆传送到伺服电机驱动器;

204: 数据将按照周向运动、径向运动、垂直运动的顺序依次发送到对应地址编号的伺服电机驱动器, 当完成周向运动之后, 再开始径向运动, 最后是垂直运动。当三个运动
5 动作完成时声源空间位置运动结束;

205: 从测试音频库中随机选择一组音频作为声源音频数据, 每个空间位置等间隔的播放声源数据三次, 作为被试者的耳声空间定位的判断依据;

206: 被试者根据声源音频信息判断出空间位置, 在被试者的显示屏上进行虚拟实体的空间位置选择, 工控机根据被试者选择的空間位置坐标信息与对应顺次的空间位置缓存
10 数据进行匹配, 给出被试者是否正确判断出声源空间位置;

207: 重复步骤 204 到步骤 206 并且计数, 当实验次数达到预设次数时停止实验 (每次实验过程中保证高频、中频、低频的音频数量比例为 1: 1: 1)。实验结束后, 根据被试者判断情况, 给出被试者的判断准确率。

15 实施例 4

301: 根据被试者空间定位能力检测结果, 将空间分为八部分: 左前上、左前下、左后上、左后下、右前上、右前下、右后上、右后下, 根据被试者的判断结果, 统计出最高正确率和最低正确率的空间位置。

302: 分别在最高正确率和最低争取率的空间位置内任选一个空间点作为最小可听角
20 声源测试的起始点;

303: 在区域的边缘点和起始点之间等比例缩小声源间空间距离——包括水平角度、中平面角度和球心距离变化, 在等距离的小空间球体内随机生成测试空间声源位置点, 将空间声源点的三维坐标按照时间标签顺序放到数据列表; 整个最小可听角的测试分为三部分进行: 水平面内声源移动进行最小可听角测试, 中平面内声源移动进行最小可听角测试,
25 听觉空间内声源移动的最小可听角测试, 即声源分别在选定平面内或者空间内按照一定规律运动, 通过被试的判断结果给出客观的评价;

304: 将数据列表的数据转化为周向运动、径向运动和垂直运动的脉冲数, 按照 RS-485 协议通过传输电缆发送到伺服电机驱动器的接收端, 通过伺服电机驱动器的速度控制模块使每个声源点之间运动时间相等 (避免被试者根据经验提前预估空间声源下一个空间方
30 向)。

305: 实时匹配被试者点选的空间位置与声源空间位置数据, 当匹配正确时继续缩小最小可听角, 当匹配不正确时, 按照当前的可听角数值在目前位置点附近随机更新五组空间位置点, 如果匹配正确大于等于 80% 则继续下去, 否则停止测试, 并将当前可听角数值作为被试者的最小可听角。整体流程图如图 3 所示。

5

本发明实施例对各器件的型号除做特殊说明的以外, 其他器件的型号不做限制, 只要能完成上述功能的器件均可。

本领域技术人员可以理解附图只是一个优选实施例的示意图, 上述本发明实施例序号仅仅为了描述, 不代表实施例的优劣。

10 以上所述仅为本发明的较佳实施例, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求

1、一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，其特征在于，所述系统包括：

上位机系统按照基于非线性最小二乘算法的空间坐标转换算法计算空间运动数据并与下位机进行通讯；空间运动系统通过周向运动、径向运动和垂直运动实现空间任意位置的精确控制；

实时三维显示系统内置于上位机系统中，基于虚拟现实技术，将三维模型通过系统图像进行实时重构，反馈系统的实时运动数据；音频系统随机生成声源音频数据类型和等差值分贝声源；

患者客观评价系统用于检测人耳声源空间定位选择空间点数据、与真实声源空间数据进行匹配并给出客观评价。

2、根据权利要求 1 所述的一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，其特征在于，所述上位机系统由工控机、144Hz 刷新频率显示器、通讯电缆组成；

工控机根据临床指标和被试者生理参数，根据空间转换算法随机生成空间声源检测点的时间序列和空间位置，并将数据缓存到数据区，通过通讯协议将数据结果发送到空间运动系统的驱动器。

3、根据权利要求 1 所述的一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，其特征在于，所述音频系统根据临床经验和被试者的生理学参数，随机生成与空间位置数量相同的最优声源音频数据，并将最优声源音频数据一一随机匹配到空间坐标数据，根据坐标点的时间顺序随机重复播放生成的音频信号。

4、根据权利要求 1 所述的一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，其特征在于，所述患者客观评价系统是被试者在实时三维显示系统的界面上点选声源的空间位置，并将被试者选择的空間位置跟缓存列表中的空間位置进行匹配检验，客观给出患者的空间定位能力的评价结果。

5、根据权利要求 2 所述的一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，其特征在于，所述工控机将数据列表中的坐标按照被试者双耳的空间中心点为当前坐标原点，将坐标

转换成周向运动脉冲数、径向运动脉冲数以及垂直运动脉冲数，并将这些数据按照时间标签暂存到数据栈中。

6、根据权利要求 5 所述的一种听觉空间定位能力的参数化检测系统，其特征在于，
5 被试者根据声源音频信息判断出空间位置，在被试者的显示屏上进行虚拟实体的空间位置选择，工控机根据被试者选择的空間位置坐标信息与对应顺次的空間位置缓存数据进行匹配，给出被试者是否正确判断出声源空间位置。

7、一种听觉空间定位能力的参数化检测最小可听角的方法，其特征在于，所述方
10 法包括以下步骤：

根据被试者空间定位能力检测结果归类出最高正确率和最低正确率的空间位置；

在最高正确率和最低正确率的空间位置内任选一个空间点作为声源的起始点；

在区域的边缘点和起始点之间等比例缩小声源间空间距离；

通过伺服电机驱动器的速度控制模块使每个声源点之间运动时间相等；

15 实时匹配被试者点选的空间位置与声源空间位置数据，当匹配正确时继续缩小最小可听角，当大于等于阈值时，将当前可听角数值作为被试者的最小可听角。

8、根据权利要求 7 所述的一种听觉空间定位能力的参数化检测最小可听角的方法，
其在于，

20 当匹配不正确时，按照当前的可听角数值在目前位置点附近随机更新五组空间位置点，继续进行匹配。

9、根据权利要求 7 所述的一种听觉空间定位能力的参数化检测最小可听角的方法，
其在于，所述声源间空间距离具体为：水平角度、垂直角度和球心距离变化。

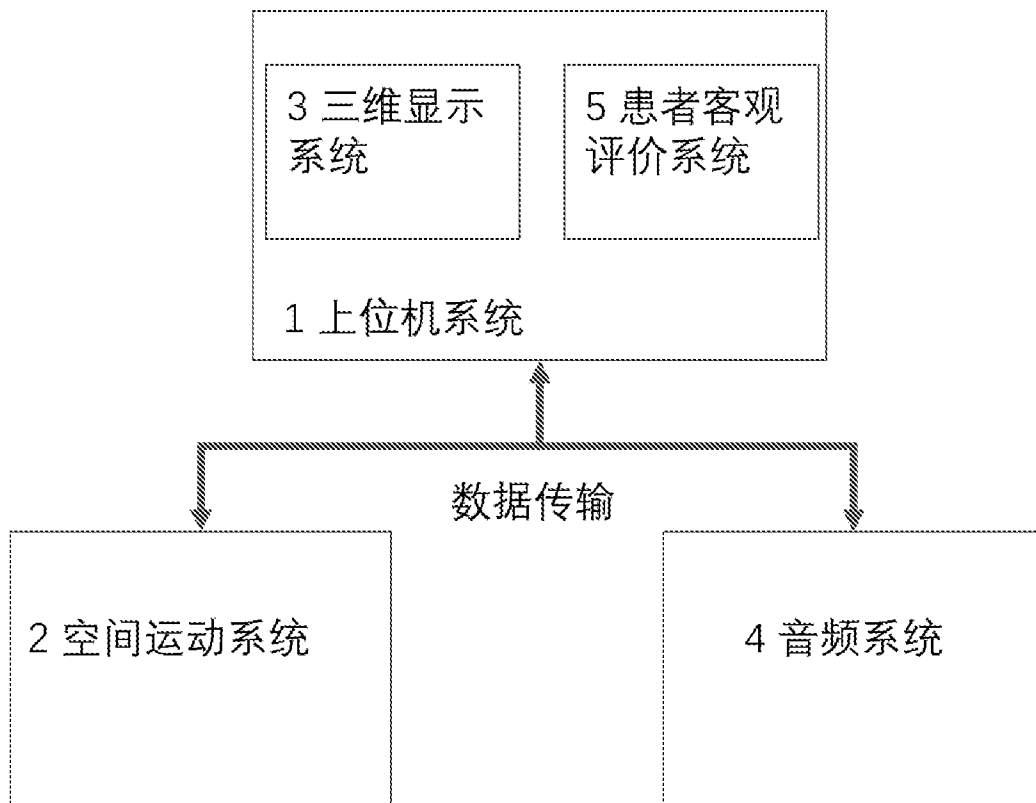


图 1

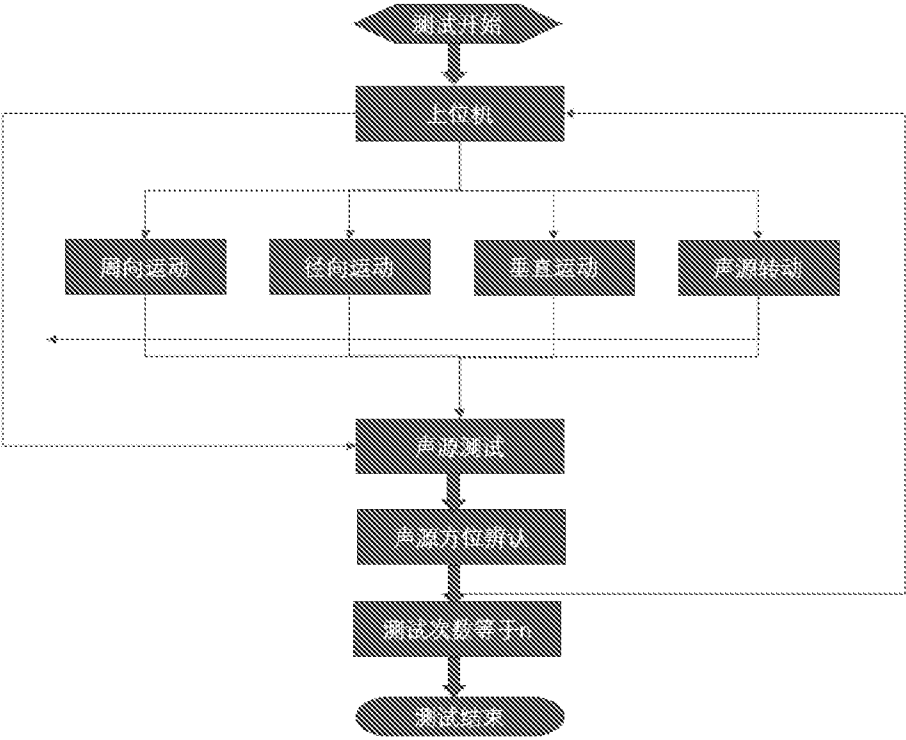


图 2

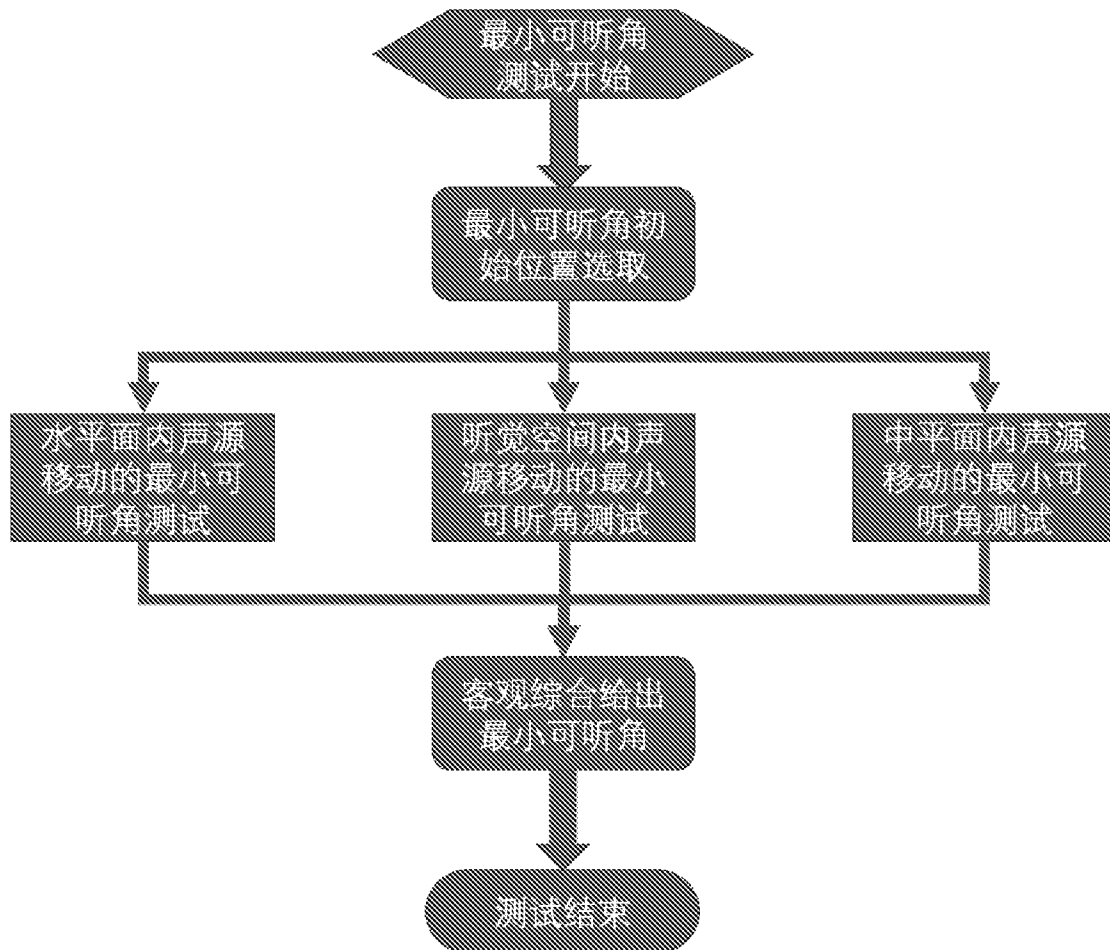


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/085480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 5/12(2006.01)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)

A61B5/-

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, CNKI, WPI, EPODOC: 天津大学, 倪广健, 听觉, 听力, 定位, 定向, 音源, 声源, 音频, 声音, 运动, 移动, 空间, 最小, 可听, 角, position+, locat+, orientation+, auditory, audition, hearing, space, minimum, audibl+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109998553 A (TIANJIN UNIVERSITY) 12 July 2019 (2019-07-12) claims 1-9, description paragraphs [0041]-[0074], figures 1-3	1-9
A	CN 104352243 A (BEIJING CHAO-YANG HOSPITAL, CAPITAL MEDICAL UNIVERSITY) 18 February 2015 (2015-02-18) description, paragraphs [0032]-[0080], and figures 1-9	1-9
A	CN 102871666 A (UNIVERSITY PLA 2ND MILITARY MEDICAL) 16 January 2013 (2013-01-16) entire document	1-9
A	CN 103989481 A (SHANGHAI AVIATION ELECTRIC CO., LTD.) 20 August 2014 (2014-08-20) entire document	1-9
A	CN 109299489 A (ZHONGHANG HUADONG PHOTOELECTRIC (SHANGHAI) CO., LTD.) 01 February 2019 (2019-02-01) entire document	1-9
A	KR 100697109 B1 (Kim, S S) 21 March 2007 (2007-03-21) entire document	1-9



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

24 June 2020

Date of mailing of the international search report

22 July 2020

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

International application No.

PCT/CN2020/085480**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017203028 A1 (INSTITUT NATIONAL DE LA SANTE ET DE LA RECHERCHE MEDICALE INSERM et al.) 30 November 2017 (2017-11-30) entire document	1-9
A	US 2004254753 A1 (GN RESOUND A/S) 16 December 2004 (2004-12-16) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/085480

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109998553	A	12 July 2019	None			
CN	104352243	A	18 February 2015	CN	104352243	B	21 September 2016
CN	102871666	A	16 January 2013	CN	102871666	B	24 December 2014
CN	103989481	A	20 August 2014	CN	103989481	B	23 December 2015
CN	109299489	A	01 February 2019	None			
KR	100697109	B1	21 March 2007	None			
WO	2017203028	A1	30 November 2017	EP	3463084	A1	10 April 2019
US	2004254753	A1	16 December 2004	None			

A. 主题的分类 A61B 5/12 (2006.01) 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) A61B5/- 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, CNKI, WPI, EP0D0C: 天津大学, 倪广健, 听觉, 听力, 定位, 定向, 音源, 声源, 音频, 声音, 运动, 移动, 空间, 最小, 可听, 角, position+, locat+, orientation+, auditory, audition, hearing, space, minimum, audibl+																										
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>PX</td> <td>CN 109998553 A (天津大学) 2019年 7月 12日 (2019 - 07 - 12) 权利要求1-9、说明书第[0041]-[0074]段、附图1-3</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104352243 A (首都医科大学附属北京朝阳医院) 2015年 2月 18日 (2015 - 02 - 18) 说明书第[0032]-[0080]段、附图1-9</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102871666 A (中国人民解放军第二军医大学) 2013年 1月 16日 (2013 - 01 - 16) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103989481 A (上海航空电器有限公司) 2014年 8月 20日 (2014 - 08 - 20) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109299489 A (中航华东光电上海有限公司) 2019年 2月 1日 (2019 - 02 - 01) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 100697109 B1 (Kim, S S) 2007年 3月 21日 (2007 - 03 - 21) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017203028 A1 (INSTITUT NATIONAL DE LA SANTE ET DE LA RECHERCHE MEDICALE INSERM 等) 2017年 11月 30日 (2017 - 11 - 30) 全文</td> <td>1-9</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	PX	CN 109998553 A (天津大学) 2019年 7月 12日 (2019 - 07 - 12) 权利要求1-9、说明书第[0041]-[0074]段、附图1-3	1-9	A	CN 104352243 A (首都医科大学附属北京朝阳医院) 2015年 2月 18日 (2015 - 02 - 18) 说明书第[0032]-[0080]段、附图1-9	1-9	A	CN 102871666 A (中国人民解放军第二军医大学) 2013年 1月 16日 (2013 - 01 - 16) 全文	1-9	A	CN 103989481 A (上海航空电器有限公司) 2014年 8月 20日 (2014 - 08 - 20) 全文	1-9	A	CN 109299489 A (中航华东光电上海有限公司) 2019年 2月 1日 (2019 - 02 - 01) 全文	1-9	A	KR 100697109 B1 (Kim, S S) 2007年 3月 21日 (2007 - 03 - 21) 全文	1-9	A	WO 2017203028 A1 (INSTITUT NATIONAL DE LA SANTE ET DE LA RECHERCHE MEDICALE INSERM 等) 2017年 11月 30日 (2017 - 11 - 30) 全文	1-9
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 109998553 A (天津大学) 2019年 7月 12日 (2019 - 07 - 12) 权利要求1-9、说明书第[0041]-[0074]段、附图1-3	1-9																								
A	CN 104352243 A (首都医科大学附属北京朝阳医院) 2015年 2月 18日 (2015 - 02 - 18) 说明书第[0032]-[0080]段、附图1-9	1-9																								
A	CN 102871666 A (中国人民解放军第二军医大学) 2013年 1月 16日 (2013 - 01 - 16) 全文	1-9																								
A	CN 103989481 A (上海航空电器有限公司) 2014年 8月 20日 (2014 - 08 - 20) 全文	1-9																								
A	CN 109299489 A (中航华东光电上海有限公司) 2019年 2月 1日 (2019 - 02 - 01) 全文	1-9																								
A	KR 100697109 B1 (Kim, S S) 2007年 3月 21日 (2007 - 03 - 21) 全文	1-9																								
A	WO 2017203028 A1 (INSTITUT NATIONAL DE LA SANTE ET DE LA RECHERCHE MEDICALE INSERM 等) 2017年 11月 30日 (2017 - 11 - 30) 全文	1-9																								
☒ 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 2020年 6月 24日		国际检索报告邮寄日期 2020年 7月 22日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 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		受权官员 何琛 电话号码 86-(10)-53962403																								

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2004254753 A1 (GN RESOUND A/S) 2004年 12月 16日 (2004 - 12 - 16) 全文	1-9

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/085480

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	109998553	A	2019年 7月 12日	无	
CN	104352243	A	2015年 2月 18日	CN 104352243	B 2016年 9月 21日
CN	102871666	A	2013年 1月 16日	CN 102871666	B 2014年 12月 24日
CN	103989481	A	2014年 8月 20日	CN 103989481	B 2015年 12月 23日
CN	109299489	A	2019年 2月 1日	无	
KR	100697109	B1	2007年 3月 21日	无	
WO	2017203028	A1	2017年 11月 30日	EP 3463084	A1 2019年 4月 10日
US	2004254753	A1	2004年 12月 16日	无	