

超乎想象的智能手机人机交互

张有光¹, 刘志远²

1. 北京航空航天大学电子信息工程学院, 北京 100191

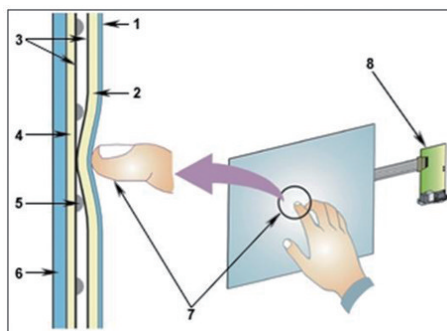
2. 《科技导报》编辑部, 北京 100086

在 iPhone 出现之前, 对于真正意义上的智能手机究竟应该是什么样子、可以实现怎样的功能, 人们并没有一个特别清楚的概念。直到 2007 年 1 月 9 日, 乔布斯对外隆重发布 iPhone, 以全新的面貌面世, 人们才恍然: 智能手机原来应该是这个样子, 完全打破了手机人机交互的瓶颈。将近 10 年的时间过去了, 手机的智能化程度越来越高, 不仅极大地满足了人们的通信需求, 也满足了人们的娱乐需求, 甚至从其中隐约可以看到科幻大片里各种令人炫目高科技的影子。本文力图分析智能手机在人机交互上的相关技术突破、未来的发展。

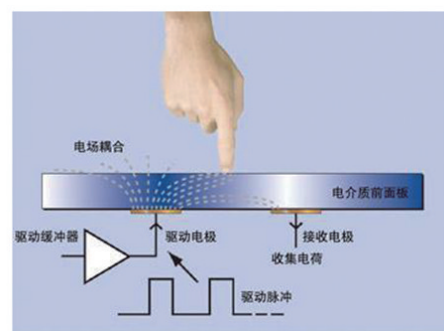
人机交互技术 (Human-Computer Interaction Techniques) 是指通过输入、输出设备, 以有效的方式实现人与机器的技术。包括机器通过输出或显示设备给人提供大量有关信息及提示请示等, 人通过输入设备给机器输入有关信息、回答问题等。人机交互技术是机器用户界面设计中的重要内容之一。它与认知学、人机工程学、心理学等学科领域有密切的联系。苹果公司推出 iPhone 之前, 手机上的人机交互是比较弱的, 除了通话和简单的信息通信之外, 并没有太多的功能。下面将从触摸屏、UI 标识、传感器、微机电系统 MEMS、身份认证和信息输入等方面, 介绍智能手机的人机交互突破。

1 触摸屏+UI 标识——最便捷的人机交互方式

第二代手机 GSM 手机, 主要功能就是通话, 其人机交互主要是通过一个拨号键盘及可以显示电话号码的显示屏, 虽然设有短信的功能, 但当时短信



(a) 电阻式触摸屏



(b) 电容式触摸屏

图 1 触摸屏技术

输入非常麻烦。黑莓在第二代 GSM 手机前提下, 发明了黑莓键盘, 一定程度上解决了部分信息输入问题, 具备了简单的实时操作功能, 成为商务办公的首选机型, 应用于一些特殊的场合, 但终究也没有得到非常广泛的流行。

而 iPhone 首先采用触摸屏, 并引入动态虚拟键盘、多点触摸等技术, 有效地解决了手机上如何输入、操控信息的问题。

目前采用的触摸屏主要有电阻式

和电容式两种, 工作机制如图 1 所示。现在的智能手机已经完全取消了键盘, 留出全部屏幕用于浏览阅读、观看视频图形等操作, 以满足用户高质量的视觉体验。而在需要拨打电话或者中英文录入时, 动态虚拟键盘 (图 2) 会自动调整出拨号盘或者输入键盘。

图 3 显示的是多点触摸技术, 它允许计算机用户同时通过多个手指来控制图形界面的一种技术, 可以代替台式机键盘和鼠标的功能, 将其用于智能手

收稿日期: 2016-04-28

作者简介: 张有光, 教授, 研究方向为集成电路设计、通信网络技术、指纹识别技术等, 电子信箱: zhangyouguang@vip.sina.com

引用格式: 张有光, 刘志远. 超乎想象的智能手机人机交互[J]. 科技导报, 2016, 34(9): 38-43; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2016.09.004

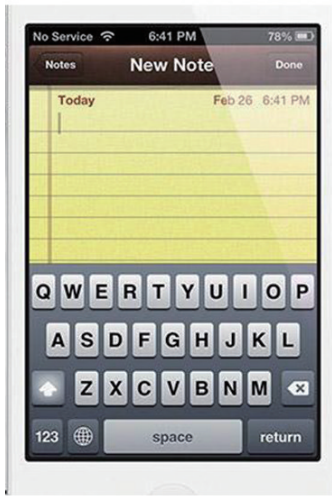


图2 动态虚拟键盘



图3 多点触摸

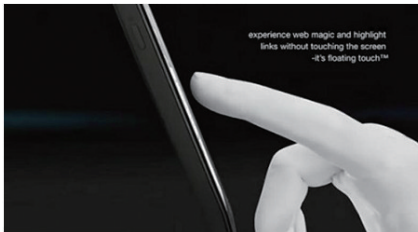


图4 悬浮触控



图5 UI标识

机的操控,可以用手指手势随意放大缩小屏幕中显示的内容,例如图片,这些操作为用户带来很大的方便性。

未来在智能手机触摸屏控制方面,可能会出现更多意想不到的技术。现在手触摸方式,长时间的手指滑动会给触摸屏带来一些磨损,并且在显微镜下观察会发现有很多细菌,因此也有人认为触摸屏是最脏的地方。在未来,悬浮控制技术(图4)得以突破,有可能避免这些问题,使得操控更为方便。

从触摸屏角度,未来可能会有更多的发展空间。现在可以传递信息,但是情感却很难传递出去。更大胆地畅想,未来是否有一种可能,人类的情感隐私可以通过智能手机传递出去,如果一方传递的是皮肤的感觉,那么在另一端接收后,通过触摸屏感受到的发送者皮肤的感觉。这会让用户感觉可以触摸到通信另一端的亲人、朋友,深切体会此刻他们的情感。

如果说触摸屏的出现使图形化的人机交互界面变得更为直观易用,那么智能手机中采用的UI标识(图5)则更为人性化和通用化,这些图像标识可以

超越文字,不再受限于中英文语言,使得哪怕是3岁的幼儿也可以凭感觉进行操控。

另外,设计者尽量减少了操控的次数,并退掉不必要的按键,呈现给用户最好的体验。iPhone首先推出触摸屏+人性化UI标识这种模式,并很快成为智能手机的标准。

2 功不可没的传感器

如今手机功能越来越丰富,除了表面上那些依靠屏幕、处理器、摄像头的直观体验之外,那些并不为人知晓的很多隐性功能的实现跟日益完善的传感器有很大关系。如果说触摸屏+UI标识成就了智能手机便捷的人机交互方式,那么实现强大繁多的功能,传感器功不可没。

传感器是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将感受到的信息,按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求,最早用于自动检测和自动控制领域。下面分别介绍目前智能手机里的

传感器及其可能实现的功能。

2.1 加速度计

加速度计(图6)是智能手机中最常见的传感器之一,它可以感受手机的加速度,并将其转换成可用输出信号。简单来讲,手机在任何方向上运动时,加速度传感器就会有信号输出。使用加速度传感器检测手机的旋转动作及方向,可以实现屏幕及其所要显示图像的自动翻转,还可以检测上下倾角的变化,通过前后倾斜手机实现游戏中前前后后的方向控制。除此之外,智能手机中计数器功能也是根据加速度传感器检测人走路时候的规律性,从而计算出步数。



图6 加速度计

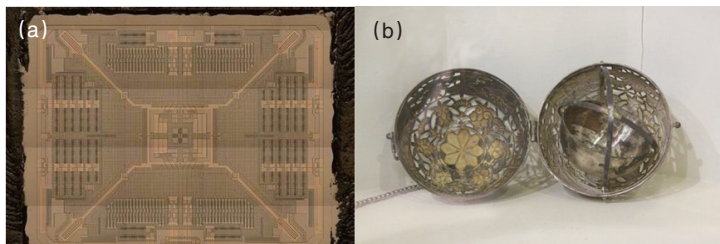


图7 陀螺仪

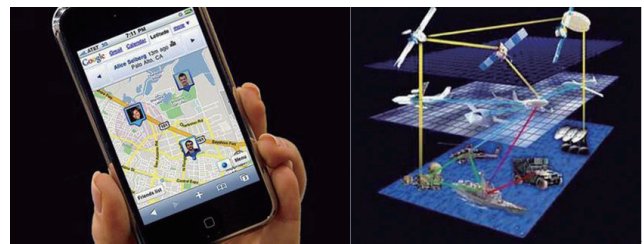


图8 卫星导航应用示意



图9 电子罗盘的应用

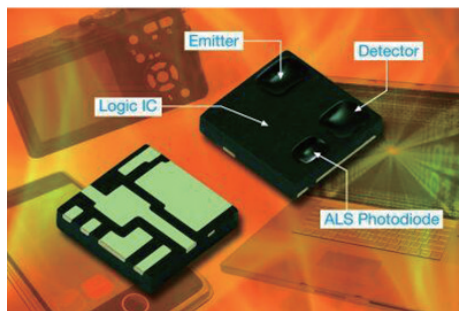


图10 接近和环境光传感器

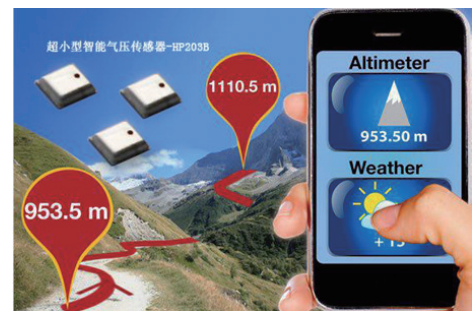


图11 气压传感器

应用场景:屏幕旋转、游戏与3D应用程序、拍照应用、惯性导航等。

2.2 陀螺仪

陀螺仪(图7)又叫角速度传感器,不同于加速度计,主要测量手机偏转、倾斜时的转动角速度。由于加速度计智能检测轴向上的线性动作,测不到转动的动作,因此无法测量或重构出完整的3D动作,但陀螺仪则可以对转动、偏转的动作做很好测量,实现上下左右前后全方位识别。

现在手机里面的陀螺仪传感器已经进化成一块很小的芯片了,但是在陀螺仪出现的时候,是一个比较大的机械装置。1850年,法国的物理学家莱昂·傅科(J. Foucault)为了研究地球自转,发明了陀螺仪(图7(b))。那个时代的陀螺仪可以理解成把一个高速旋转的陀螺放置到一个万向支架上面,这样因为陀螺在高速旋转时保持稳定,人们就可以通过陀螺的方向来辨认方向、确定姿态、计算角速度。陀螺仪早期主要应用于航海、航天航空领域,后期由于其微型化应用于智能手机或者平板电脑小巧的设备上,对用户经验的提升有着非常重要的作用。

应用场景:游戏与3D应用程序、拍照应用、惯性导航等。

2.3 位置传感器

位置传感器,可以简单地理解为卫星导航(图8),通俗来讲就是为用户提供位置服务,较为通用的是美国的全球定位系统GPS,国内的北斗卫星定位系统也正在普及。能够定位和配备卫星导航一直是早期判断手机是否高端的重要标准之一,而目前的智能手机都会配备卫星导航,而中高端手机中,还配备了电子罗盘传感器(图9)。

有了位置服务以后,与位置相关的很多业务都可以加载上来,很方便就可以查找到位置周边的加油站、便利店、饭店等。这些提供以后,不仅可以为用户搜索新的行驶路线,更多地还有配套的很多服务。其实,位置传感器的功能还远不止于此。

应用场景:地图定位、位置共享、丢失设备寻找等。

2.4 接近和环境光传感器

接近传感器主要作用是当用户在通话时自动关闭屏幕,除了节省电量之外,还可以避免通话时的误操作。主要原理从传感器发射一束红外光线,通过红外光线反射测试物体之间的距离。不过像手机中的距离感应器非常短,只有几厘米而已。

应用场景:接听电话关闭屏幕、手

机盖翻转挂断、接听等。

环境光传感器一般位于屏幕的上方,通过识别外界光线的强弱自动调整屏幕的亮度。不仅对越来越耗电的大屏幕手机来说起到一定的省电作用,而且还可以给使用者带来最佳的视觉效果。例如在黑暗的环境下,屏幕背光灯自动变暗,否则很刺眼。在有些产品里,接近和环境光传感器可以合二为一(图10)。

应用场景:光线变化时屏幕亮度调节。

2.5 环境监测器

在智能手机中加入一些检测周边环境传感器,能够自动地为用户获得环境信息,提供更多方便。目前常用的传感器有温度、湿度和气压传感器。

1) 温度传感器在早期的手机中就已经出现,它可以检测手机电池和处理器的温度变化情况。目前的智能手机中拥有更多的温度传感器,用于检测手机的工作情况、控制手机发热程度等。

随着 Windows 8、Android 4.0增加了对于温湿度传感器的API支持,相关的第三方应用开发者可以在此基础上开发大量的应用软件。

应用场景:硬件监控、监测环境温度湿度等。

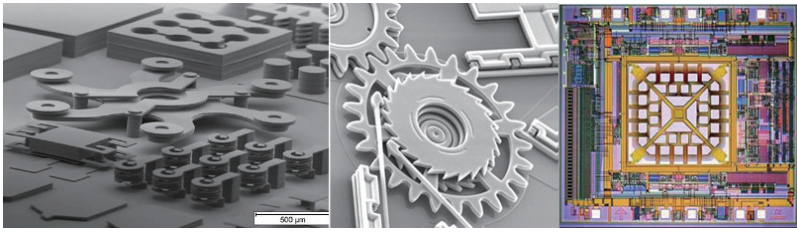


图12 机械组件及电子电路微型化



图13 微镜头及MEMS镜头的基本结构



图14 智能防抖



图15 麦克风

2) 在目前的中高端移动设备中均配备了气压传感器。这种气压传感器(图11)分为两部分,一部分为外部气压传感器,另一部分为内部气压传感器。外部气压传感器就是检测用户生活场景中的大气压力,利用大气压的变化来检测用户所处的高度。当然它也可以作为位置传感器辅助存在的。除此之外如果经常户外活动的人肯定知道,利用气压降低和升高来确定短时间的天气变化。

除了配备外部气压传感器,一些三防手机等还有内部气压传感器,实时检测内部气压变化,确定设备的外壳密封情况。

应用场景:户外运动海拔高度测量、三防设备检测内部封闭程度等。

如果智能手机传感器再延伸,还可以有气象传感器,检测煤气、一氧化碳等气态的传感器,还有空气污染物浓度监测器等,可以自动告警所处环境的情况,为用户提供一些建议,例如可以根据负氧离子浓度为户外健身的用户提供健身场所的意见。

2.6 未来的传感器

传感器的引入,提供了很好的用户体验,但也存在了一些问题。例如因为加速度计、陀螺仪、电子罗盘的引入,据说将手机放置在计算机键盘旁边,用户所有的键盘敲击声音、振动情况,都可

能会被全部监听,通过这些信息从而截获用户的密码等。另外导航定位功能虽然带来了方便,但也容易泄露用户所处位置等信息,安全存在隐患。当然随着安全技术的发展,这些方面都可能得到避免。

传感器的引入为智能手机的发展提供了非常多的想象空间。目前已经有研究涉及嗅觉传感器,人有嗅觉,还有味觉,当智能手机装备了嗅觉传感器,试想一下会扩展哪些功能,也许未来的料理比赛,会直接用手机“嗅一嗅”来评分。当然还有心情感应器的设想,如果能够加载一个心情感应器,也就是说能够感受用户的情绪,同时和社交网络结合起来,也许会让虚拟的网络变得更真实。

传感器还可以有很多其他的功能,例如与电源管理结合减低能耗的问题,通过接近和环境光传感器这些自动的监测功能,就可以节省能源。当位置传感器感受到当前为静止状态,可以将导航功能关闭。同样如果能够检测到周边无WiFi,可以将WiFi功能自动关闭等。后续可以研究扩展传感器的应用,从而能提供更多的功能。

3 微机电系统实现微型化

前面介绍了智能手机功能强大的传感器,那么如何将传感器集成到

手机里,也即微型化问题,下面将介绍一项很重要的技术——微机电技术MEMS(图12)。

最先广泛应用的MEMS是汽车的安全气囊检测器,随后将这项技术应用于智能手机的传感器上,近几年发展非常快,尤其是智能手机加速了其发展。目前除了机械小型化以外,还有光学系统也小型化了,合在一起就是微光机电系统(MOEMS)。最典型的是照相机镜头,镜头有光学的部分,有机械的部分,还有电子的部分,如果能够把非常好的镜头装到手机里面来,就要靠MOEMS。镜头和前面所述的诸如陀螺仪、加速度计等这样一些能够感受振动的传感器结合起来,实现了防抖的功能。现在汽车行驶过程中,使用智能手机拍照,也能拍出比较好的照片,完全没有这个抖动模糊的问题(图13、图14)。

智能手机里的麦克风(图15),是一个微阵列系统,既有机械部分,也有电子部分。通过这种结合,可以消除环境噪声,提供一个清晰的声音。随着麦克风性能的提高,现在的智能手机可以录音,效果与录音笔相比并不逊色。

保证通信的质量,还涉及一个重要部件——天线的设计。手机最早出现时设有外置天线,2000年左右经常看到拉杆天线,以后就用这样一些技术将天线隐藏起来了。天线是一个机械部

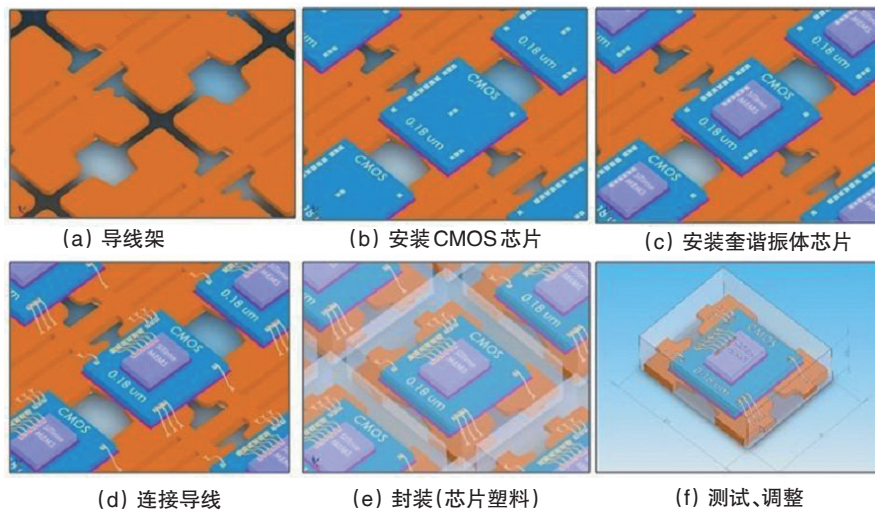


图 16 晶振封装技术

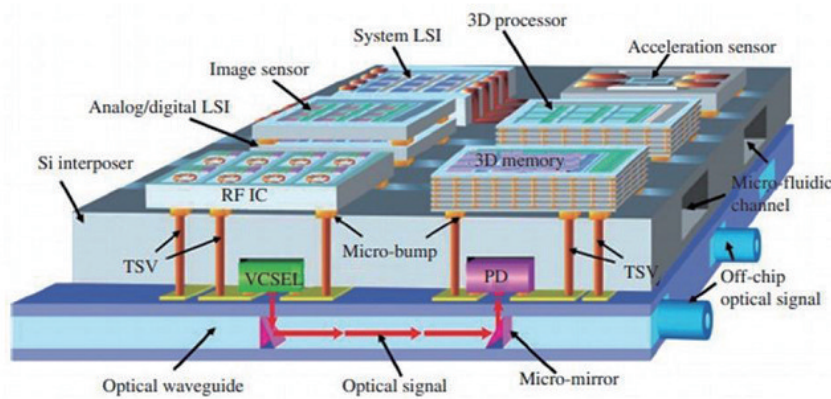


图 17 TSV 技术实现 CMOS、MEMS 以及光电子电路三维混合集成

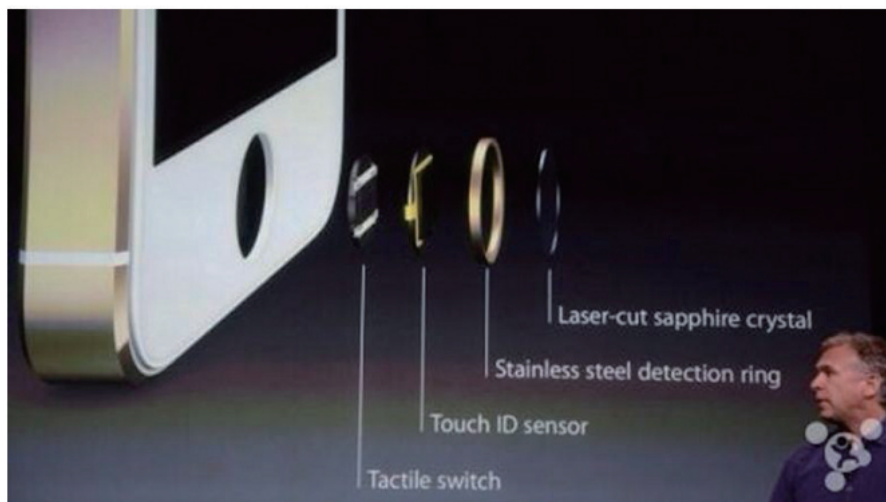


图 18 指纹识别

件,由于现在接收信号的频段越来越多,其设计越来越难。2010年,苹果公司也因此陷入“天线门事件”,当用手紧

握 iPhone 4 的某些位置时候,其移动网络的信号就会在数分钟内完全衰减到无法通话的水平,这就是天线所带来的

问题。

除了天线以外,还有一个非常重要的部件——晶振。智能手机的处理器、芯片都需要有一个固定的频率,这个频率由晶振产生。一直以来晶振都是用石英制成,存在小型化的难题,很难解决,因此目前已经采用 MEMS 技术代替,图 16 所示为晶振封装示意。用了很多年的石英晶振可以退役了。

MEMS 技术现在产生了很多新的意想不到的用途,未来在封装里会越来越困难。图 17 表明未来在一个系统里面,会有 3D 处理器、三维存储器、图像传感器,也有类似于加速度计汇集成一个芯片里面。这将为封装带来非常大的挑战,也为未来芯片技术的发展提供了很多可能,面临的技术挑战性也越大,需要涉及的技术将越来越综合。

4 繁多的身份认证和信息输入技术

前面提到了很多传感器,有些用户可以自己感觉到,有些感觉不到,未来在信息输入方面还有很多技术有待突破。

4.1 身份认证

现在最通用成熟的身份识别技术是指纹识别(图 18),前些年在计算机上已经实现了指纹识别,并且已经有很多手机也陆续开始。指纹识别提供了身份识别的一种非常方便的方式,它与启动按钮结合,保障在没有指纹验证的情况下,其他人无法进入。

是不是还有其他的识别系统也可以用作身份识别?目前探索中并已经有些应用的还有虹膜识别(图 19)、掌纹识别(图 20)、人脸识别和手势识别等,当然还有步态等其他一些生物识别技术。有些可以装到智能手机里面,有些可能没有意义,当这些技术加入后,将智能手机用于支付系统,从而实现了身份绑定和手机支付,非常有价值,并且安全性有很大的保障。

未来是不是很多的证件都可以被代替,这是一个复杂,而且很值得探讨的问题。

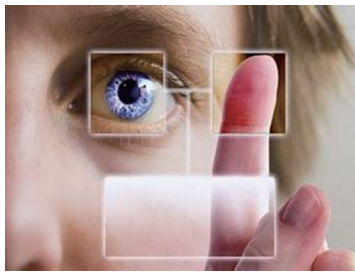


图 19 虹膜识别



图 20 掌纹识别

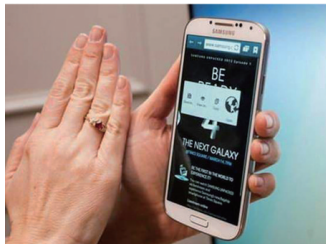


图 22 手势控制

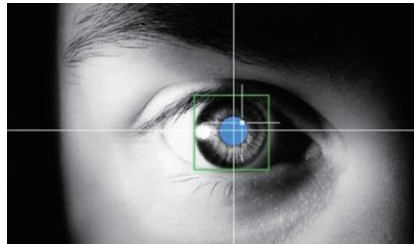


图 23 视线跟踪技术

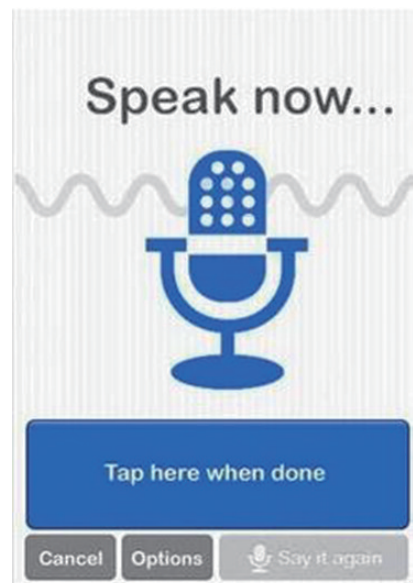


图 21 语音识别系统

4.2 信息输入

第 4.1 节重点讲身份识别的问题，目前智能手机虽然可以输入一些信息，但是还有一些局限性，那么这就有另外一项技术，如语音识别等新的信息输入技术。

在语音识别系统推出的最初，效果并不理想，将这项功能引入到手机，更多是为了娱乐，而随着识别能力的逐渐提高，手机语音识别可以做更多事情：当不方便按键的，只需要语音命令，便可以自动拨号等功能，为用户带来了极大的方便(图 21)。

未来语音识别系统，将与云计算紧密结合。为什么需要结合云计算，以汉字输入系统为例，它需要一个云计算的概念，这样汉字的联想字库能够自动更新，很多原来没有的流行词，系统会自动加入，即使用户从未输入过，自动更新后，就可以联想，从而缓解了用户的复杂度。而语音的识别更为困难，如何提升识别的性能，这就需要背后有一个强大的数据库不断地优化、提升，所以语音识别，表面上很好玩，背后它带来的通信流量非常大。当然随着技术的发展，以后会进一步提升。

语音识别这项技术可以理解为人工智能在手机上的应用，未来智能手机的输入、操控，可能会结合更多更新的技术，进一步丰富人机的交互，让使用

更为方便。这里还可以在很多方面进行扩展。

前几年，电视机、计算机内加一个系统，就可以用手势控制。对于远距离来讲，手势控制是非常方便的。手势控制(图 22)引入智能手机是未来的发展趋势，但到底能不能流行起来，是不是有必要，需要根据市场决定。

另一项技术是视线跟踪技术(图 23)，也就是根据眼睛的转动，感知用户关注焦点在哪里，这也是目前探索中的一项比较前卫的技术。通过技术判断用户对屏幕关注的焦点，从而分析出兴趣点，对于广告、电子商务等很多领域非常有价值。如果将这项技术引入到智能手机，用户眼睛看到哪里就可以操控，代替触摸控制、语音控制等，也将会在一些特殊情况下带来很多方便。

还有另外一项看似虚幻的技术，就是在科幻电影中经常出现的意念控制(图 24)。当很多时候大脑思考的、却不方便腾出手操作时，直接用意念控制实现，这项技术已经获得了一些突破。IBM 预计 2016 年意念控制技术就可以得到较好的应用。这项技术引入到智能手机，是不是更有价值，也有待于更深入的探讨。

未来有很多操控的方式，如何与智能手机的系统结合在一起，使得人机交

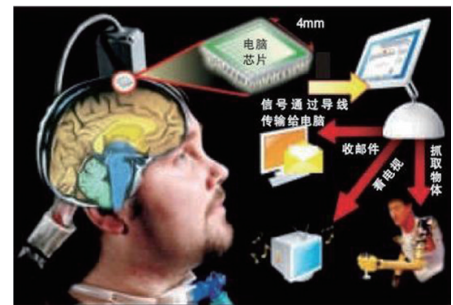


图 24 意念控制

互更加自然方便，实际上在于对应用系统的有效设计。

5 人机交互要智能化、自然化和人性化兼得

智能手机的流行以及快速普及不仅仅只是靠技术，而如何把技术有效地组合起来，形成用户一种好的体验也非常重要。一个软件或者一个系统，很大程度上在于人机交互方式的设计，这里面涉及到对人性、对艺术的把握等。

人机交互是技术，更多还涉及对人性、对艺术的理解。目前智能手机发展的良好态势下，对人机交互设计来说是机遇，同样是挑战，它不仅要实现功能，而且要智能化、自然化和人性化兼得。

注：文中部分图片来源于网络，特此致谢。

(责任编辑 陈广仁)