



触手可及

游戏技术助力信息无障碍

振动触觉反馈技术在无障碍领域应用白皮书
(场景篇)

1.前言：

在视觉、听觉、触觉（肤觉和本体感觉）、嗅觉和味觉这五种主要感官中，前三种占据了人机交互界面研究的绝大部分。其中，大部分工作是在视觉和听觉模态上进行的。长期以来，触觉感知一直作为视力或听力受损者的感官替代系统而被广泛使用。触觉是生物感受体表的物理接触刺激的感觉，由压力与牵引力作用于触觉神经而被感知。作为人体获得外部信息的主要渠道之一，触觉是人类感觉系统的重要组成，也是最复杂和分布最广泛的感官。与视觉和听觉相比，触觉有其显著的优势，如触觉遍布全身、不需要特别关注即能连续产生信息、通过触觉刺激能有效感知物体的轮廓方位等。

触觉感知有很多种不同的方式，在人体触觉反馈领域基础研究中包括：振动触觉、气动触觉、电触觉和功能性神经肌肉刺激等几种触觉反馈方法，其中振动触觉是触觉反馈最常见的形式。对视障者、听障者这样的残障人士而言，将信息以振动触觉方式呈现将能极大提高他们对环境的感知能力。（除特别说明外，本报告中触觉反馈特指振动触觉反馈。）

身体上的障碍，不应成为人们获取信息和传递信息的阻碍，对于障碍人士而言，需要结合多种感知方式与物理世界互动。触觉反馈技术可以有效辅助视障者、听障者等障碍人士获取互联网服务，提升在使用产品和实际生活中的体验。为更好地推动触觉反

馈技术创新，特别是振动触觉反馈技术在具体无障碍场景的落地，我们开展了此次研究，明确振动触觉反馈技术用于解决的障碍人士困难场景的思路、方案、以及机遇和挑战，持续探索游戏的社会价值。

2.研究说明

本报告采用桌面研究、用户深度访谈、内部半结构式小组会议、用户可用性测试等研究方法。执行步骤可分为四步，具体内容如下：

1) 需求分析：通过调研、访谈、问卷等多种形式对障碍用户的使用场景、使用障碍、预期效果等进行分析，明确用户需求；

洞察来源	用户深度访谈	桌面研究	内部半结构式小组会议
样本规模	6名视障用户深度访谈	10余篇相关文献研究	8次内部半结构式小组会议
样本分布	全盲：3名 低视力：3名 使用过振动反馈技术：4名 未使用振动反馈技术：2名	触觉反馈技术发展与应用； 特殊场景中触觉反馈技术的探索 视障人士获取信息的方式及互联网生活洞察；	5次小组事务性讨论，3次场景及技术讨论 参与者包括：技术团队、产品团队、高校及三方研究机构

2) 方案实现：产出具体的可落地执行的技术方案，并依据技术方案产出可体验的振动demo；

洞察来源	具体场景振动解决方案
样本规模	7个
样本分布	振动规则方案：2个 地图场景方案：2个 输入法场景（数字键盘）；3个

3) 方案验证：招募符合标准的障碍用户，协助体验振动demo，并依据用户的反馈建议不断完善、修改demo；

洞察来源	用户可用性测试
样本规模	26名视障用户可用性测试，南京（20名），深圳（6名）
样本分布	全盲：低视力：6:4 会盲文：不会盲文：8:2



图 1（视障用户可用性测试场景照片）

4) 方案落地：相关产品中落地触觉反馈技术方案，拓展信息无障碍使用场景，提升用户的使用体验。

洞察来源	Demo验证和方案完善
样本规模	7个
样本分布	地图App多场景方案； 输入法键盘振动方案；

3. 触觉反馈行业进展

3.1 触觉反馈技术发展现状概述

随着数字信号处理及多媒体通信 技术的飞速发展，人们的视听需求得到了极大的满足。人们开始追求多媒体交互体验的沉浸感，希望实现从视听互动到多感知交互的转变。其中，触觉作为仅次于听觉与视觉的第三种交互媒体，为人机互动增加了一个新的维度。触感技术根据反馈信息实现了动觉与肤感的再现，人类或机器可以远程且实时地感知 或控制真实或虚拟物体。研究表明， 将触感技术整合到现有的视听多媒体服务中，实现人与环境的双向交流，可以增强多媒体交互性及用户的沉浸感。视、听、触的多感知融合，能够实现“所见即所触”。

目前，触觉反馈技术主要应用领域有智能交通、远程医疗、工业物联网（含智能终端设备、智能家居、可穿戴设备）等人机交互场景。

3.2 无障碍场景的触觉反馈可用性

目前，触觉反馈在无障碍领域的研究主要集中在面向视障人士的触觉图形图像研究，如面向视障人群的触觉图像显示器Graille相关设计和研究 [2]，探索如何设计视障者触觉交互系统及其可用性，让更多的触觉图形适合视障用户使用，为视障用户在学习中提供更多优秀便捷的服务，提升视障用户的体验。

振动触觉反馈技术的基础与应用研究可以归纳为三个主要方面: 1) 人体振动触觉的基础研究; 2) 振动触觉与信息提示; 3) 振动触觉与平衡控制。在无障碍领域的探索也主要集中在与智能硬件的结合，帮助视障人士外出出行时完成避障，或是辅助听障群体感知音乐。

目前存在有实验性外接设备尝试应用触觉反馈技术在无障碍场景，但尚未有可批量生产的产品供障碍用户选择，也并未解决障碍群体在真实生活以及使用互联网服务中的切实问题。

3.3 腾讯游戏MTGPA项目的实践

触觉反馈是游戏交互体验的发展趋势，传统的手机游戏与用户之间只能通过听觉和视觉进行交互，但实际上，相对于听觉和视频，人类对触觉的反馈更加灵敏、快速。全新的PS5手柄设计、全民热议的元宇宙概念、以及刚刚颁发的诺贝尔生理学奖，都与触觉反馈有着紧密的联系。近年来，触觉反馈的研究与应用都有了突破性的进展，通过触觉反馈打造沉浸式的游戏体验，也必将成为未来重要的发展趋势。

缺少行业协同以及系统性解决方案成为制约触觉反馈技术应用发展的壁垒，主要原因有两个：

一方面，由于触觉反馈交互场景多、难以设计系统性的解决方案，虽然各终端厂商都有自己的解决方案，但通用性都较差，应用开发者适配难度大；

另一方面，由于涉及行业上下游的多个相关方，马达厂商、手机厂商、应用开发者等，很难制定出一套被各方角色都广泛认可的行业标准。

基于这个行业现状，腾讯游戏MTGPA团队联合和平精英项目组，通过对行业的深入研究，经过为时两年的用户研究以及技术方案攻坚，为“和平精英”手游设计出了一套包括振动描述文件定义和波形编辑、软硬件交互接口协议以及效果评估在内的完整解决方案。技术接口兼容Android和iOS，并通过定义统一的振动效果描述文件及统一的

认证流程，实现了跨终端的统一效果。在角色、武器、载具和声音等200多个游戏内场景为用户提供了专属的振动效果，从功能到场景，打造全方位触觉反馈能力矩阵。

为打通游戏内容、系统生态、基础硬件，赋能开发者创意发挥，在方案设计中需要考虑到两个很重要的能力，以便于后续持续运营。

- 1) 针对游戏开发者，需要具备便捷灵活的效果自定义能力；
- 2) 针对终端平台，需要具备跨生态、跨硬件的通用性。



图 2 “和平精英” 游戏中有关触觉反馈参数的设定

4. 触觉反馈技术创新

MTGPA Haptics 是一套跨多种类型终端通用的触觉反馈技术方案，同时适用于iOS和安卓系统。我们联合多家终端厂商、硬件供应商，共同制定了一套统一的接口标准和信息传递规范，确保了同一振动效果在不同终端上获得一致的体验，从系统调用到硬件响应及时高效。在后续无障碍领域应用的推进和推广中，这一技术无疑已经具备了

不少优势，例如标准统一和生态协同，都能大力降低视障人士的学习成本，提升应用开发效率。腾讯游戏MTGPA团队正在与集团知识产权部、腾讯游戏学堂和腾讯志愿者协会等内部团队高效协同，快速推动技术方案的落地。

在技术迭代和实践中，我们总结出MTGPA振动触觉反馈解决方案的6大特性：

- 1) 开发成本低：基于在游戏领域累积的成熟技术方案和标准协议，迁移至无障碍领域时，无需重复适配硬件差异，降低了开发成本。
- 2) 丰富性：振动触觉反馈可传递的信息是丰富的，利用MTGPA振动效果编辑器，可自由设计并调整振动参数以适应应用场景多样化的需要，所见即所得。
- 3) 兼容性：基于统一的接口标准和信息传递规范，确保同一振动设计在不同终端上具备一致的效果和体验，兼容不同的辅助工具、不同的系统以及不同硬件。
- 4) 通用性：振动触觉反馈技术同样适用于一般用户，配合视觉和听觉效果，提供更加沉浸式的用户体验。
- 5) 一致性：从系统接口到调用方式、从信息格式到底层渲染，标准化的MTGPA振动触觉解决方案提供了具体场景中用户感知和交互的一致性。
- 6) 学习成本低：视障用户可快速理解并掌握每个场景下的振动规则，并且无需为不同硬件进行重复学习。

5. 信息无障碍应用场景

信息是人们获取知识，彼此之间进行交流的基础。人与外界环境进行信息交换时，视觉信息往往占据很大的比重。因此，视觉信息质量的高低直接影响人客观地判断和认

知外部事物。听觉信息则是由大脑对听觉器官所捕获的音色、声波强度等声音要素进行加工处理而成的，是人与外部环境互动的重要信息源之一。触觉信息更多表现地是物体的表层信息，譬如物体的形状大小、柔软质感等。嗅觉信息和味觉信息则是人类识别气味和味道所获取的信息。

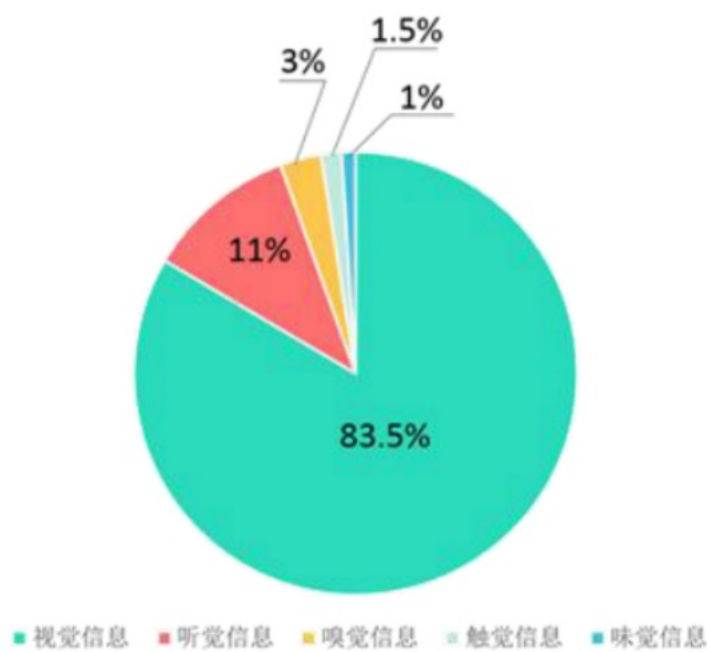


图 3（盲人触觉图形的设计方法及其应用研究：感觉信息比例图）

对那些视觉正常的人而言，视觉信息是他们获取外界信息的主要信息源。他们通过视觉感官，不仅可以直观地观测物体的基本形态、外观色彩等基本信息，还可以利用视觉差来估算两物体间的距离，判别方向以及空间位置。而对于视障人士而言，视觉障碍导致他们无法正常地观察到物体的基本形态、外观色彩以及空间位置等。根据感官补偿论，当个体的部分器官受损时，其他未受损器官的敏感度就会随之提高，从而弥补损伤器官的部分功能。

然而对于视障者来说，由于视觉的缺失给他们的生活和工作带来极大的不便，严重限制了他们的生活空间，所以其他的感知能力，例如听觉、触觉、嗅觉、味知觉等就成为其获取信息和探索周围环境的主要渠道。

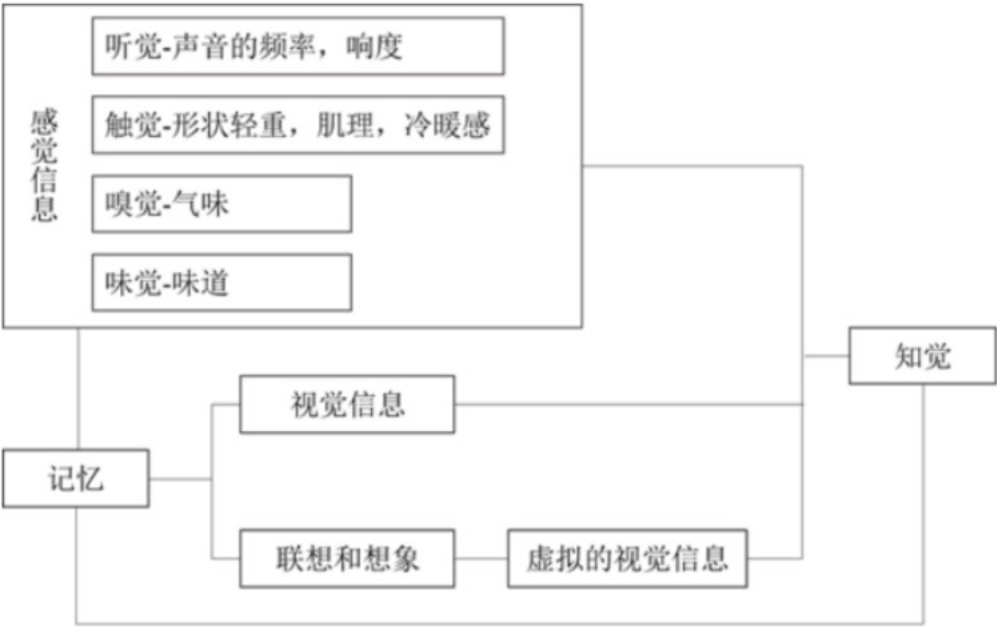


图 4（盲人触觉图形的设计方法及其应用研究：视障人士感官补偿过程）

腾讯游戏MTGPA团队基于已在游戏领域累积的成熟的振动触觉反馈技术方案，同时结合视障者相较于其他障碍群体而言，面临的更为严峻的信息缺失的事实，将振动触觉反馈技术最先尝试解决的障碍场景落脚于视障人士的互联网生活场景中。

基于过往的研究，我们筛选出了与视障人士日常生活息息相关的9个互联网场景，分别为日常购物、日常出行、社交沟通、学习培训、外部信息获取、个人就业、业余生活、医疗健康以及金融服务。触觉反馈技术也将重点尝试在这9个互联网场景中的探索。

6. 触觉反馈技术的无障碍应用探索

目前，中国目前有超过8500万的有障人士。其中，视障人士约1700万，听障人士约2700万，运动障碍人士约2500万。另外，根据第七次全国人口普查数据，中国60岁以上的老年人口约2.64亿，他们在视觉、听力、运动能力等方面也属于需要帮助的有障人士。根据用户的差异化需求，适配和开发适用于他们的无障碍产品，既是国家的政策导向，也是互联网行业的整体发展趋势。

腾讯游戏MTGPA团队通过与残障群体面对面交流，并让用户实际体验，识别到触觉反馈技术在科技助残、信息无障碍领域蕴藏着强大的潜力；通过产、学、研联合的方式，推动触觉反馈技术在无障碍领域的应用，并将技术成果开源赋能行业，努力用科技向善推动新时代残疾人事业的发展。

6.1 盲文系统的触觉反馈实现

6.1.1 盲文信息交互的重要性及局限性

盲文是记录语言的触觉符号，是视障者书面交流与学习最基本的方式，盲文是记录语言的触觉符号，是盲人基本的书面交流方式。当前国内使用的盲文是由法国盲人教师路易·布莱尔于19世纪创造的，因此国际上通称为“布莱尔盲文(Braille) ”。一个盲文字符由6个凸出的点组成，左侧从上到下为1、2、3点，右侧为4、5、6点，任意6个点的排列组合，称为一方。每一方可以表示64个不同含义的编码(若6个点都不存在被认为是表示“一个空字符”的一种编码，称为空方)。

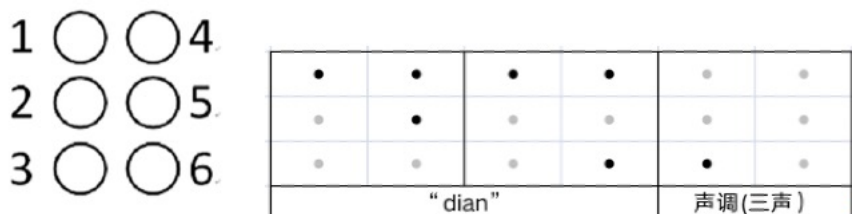


图5（盲文示意图）

如今计算机及移动智能终端设备的发展，也陆续考虑到了视障用户的输入与输出信息的需求，目前，视障人士的文本输入方法主要有两种：基于标准键盘的输入和基于六点Braille盲文的输入。而基于标准键盘的输入需要输入法与读屏软件兼容，读屏可顺畅朗读出输入键盘中的信息，并支持视障用户抬手上屏等操作，才能顺畅使用。也有一些标准键盘的输入法逐步将六点Braille盲文纳入输入法体系中，但目前仍需要依靠读屏读取信息，视障用户通过读屏朗读出的数字信息，按盲文逻辑输入数字组合，数字组合对应不同文字、符号、数字等信息，因而熟知六点盲文的视障用户也可通过盲文完成信息输入。

可见，视障用户无论使用什么样的输入法完成输入，均需依赖读屏才能完成操作，目前的输入法依旧是通过单一感官获取信息。基于此，我们希望通过振动触觉反馈技术丰富视障用户当前的盲文输入、输出的交互方式。作为读屏信息反馈的补充，让视障用户在读屏无法正常使用时，也能通过振动获取对应的信息。

6.1.2 盲文编码无障碍触觉反馈解决方案

依据中国盲文标准的点序（1—6），按横纵坐标定义1-6个数字的不同振动规则，从而实现通过振动呈现盲文信息。

为了让其他视障人士更好地理解振动规则，在用户可用性测试阶段，我们邀请用户在体验并理解振动规则后，重新修订了振动规则的描述，具体内容如下：

- 1) 假设正在摸读一张纸，摸读的方向为从左到右，一格有六个盲文点，排列方式为三行两列；
- 2) 设备依次由上到下表达盲文信息，逐行反馈盲文信息；
- 3) 振动规则为左列区分强弱，凸盲文点为强，没突出的盲文点为弱，右列区分长短，凸盲文点为长，没突出的盲文点为短；
- 4) 通过长短和强弱的组合来表达盲文内容：



图6（视障用户可用性测试过程-参数调整）

6.1.3 盲文编码无障碍触觉反馈解决方案的用户反馈

在可用性测试环节，视障用户对振动方案的创新均表示了肯定，认为新类型的信息交互方式可以扩充无障碍的内容，也更符合“多感官交互、不依赖单一感官传递信息”

的理念。其中积极拥护者表示：“十分创新，你们想法的实现，在未来也许可以让我
不依赖读屏，就依靠振动获取所有信息，这对我在外出时太有帮助了”。也有视障拥
护表示在通过振动传递盲文信息时需要考虑效率问题，以及部分用户可能需要花一定
的时间熟悉振动规则，新手引导十分重要。

基于可用性测试环节中用户体验反馈可看出该技术方案的优势性突出，主要体现在：

- 1) 学习成本较低：视障用户学习会新振动规则的平均时间不超过30分钟；
- 2) 识别成功率高：视障用户在学会振动规则后，对振动传递出的信息识别正确率高达
90%；
- 3) 与信息无障碍理念契合：盲文编码无障碍触觉反馈解决方案中产出的振动规则可实
现了多维度传递信息，视障用户可多感官获取信息。

6.2 面向场景的触觉反馈方案

6.2.1 场景选择

通过用户深度访谈以及马斯洛需求层次理论，我们筛选出四个场景进行重点调研：支
付场景数字键盘、外出避障场景、到站提醒以及步行导航偏移角矫正。得出以下四个
结论：

- 1) 四个场景依据用户使用频次需求排序：步行导航偏移角矫正>公交地铁导航振动提
醒>支付场景下的数字键盘>外出避障
- 2) 在四个场景中，“公交地铁导航振动提醒”以及“步行导航偏移角矫正”这两个场
景在视障用户中的使用频率会很高；
- 3) 外出通过手机避障这个场景在视障用户中的反馈不佳，视障用户本身不看好通过手

机避障这个场景在视障用户中的反馈不佳，视障用户本身不看好通过手机实现这个功能，更希望是在可穿戴设备上实现该功能。

基于上述结论，结合技术实现难度，将此次触觉反馈方案展示应用于以下三个具体场景：步行导航偏移角矫正、公交地铁导航振动提醒以及输入法（含支付场景数字键盘）。

6.2.2 具体场景及对应的触觉反馈技术的解决思路

1) 步行导航偏移矫正

a) 问题场景描述：目前地图类软件的方向（指针）是画出来的，其属性为图片，读屏软件无法读出对应信息，因此视障用户在使用地图软件时，无法准确获取指针方向。

b) 解决思路：在步行导航中，与导航路线有角度偏差时，会通过振动提醒协同语音播报，帮助用户回到正确方向，距离指针方向越近振动越轻，方向正确时不振动，距离目标方向越远振动越强烈。开始、结束、转角处有不同振动方式对使用者进行提醒。

（以具体产品中的振动方案为主）

c) 用户反馈：在可用性测试环节，该功能获得了视障用户的一致好评。视障用户认为该功能可有效解决外出时无法通过语音播报获取方向的问题，操作简单易懂，学习成本低。通过振动的方式向视障用户传递信息，用户则不再需要将手机放到耳旁获取语音反馈，只要放到可感受到振动的地方，便能获取对应信息提示，可以让视障人士出行更安全。除此之外，该功能对普通人士同样友好。

2) 公交地铁导航振动提醒

a) 问题场景描述：视障人士外出时对外界环境是否安全的判断只能通过声音，但如果环境音较为嘈杂，就很难判断通过语音传递的信息，如靠近的车辆、人群、以及公交车到站的语音播报信息等；这就造成视障人士乘坐公交时，感知需乘坐的公交车到来，以及准确获取站点信息下车困难重重。

b) 解决思路：在“到站候车、即将到站、到站、到达目的地”四种场景，通过定制振动效果提醒用户。（以具体产品中的振动方案为主）

c) 用户反馈：在可用性测试环节，视障用户对该功能表示了认可，认为对他们出行有一定的帮助，但需要有新手说明详细告知，不同的振动表示的提示信息含义。

3) 输入法（含数字键盘）振动解决方案

a) 问题场景描述：视障用户使用输入法键盘目前面主要依靠读屏传递信息，缺少多感官获取信息的途径，且在数字键盘场景有安全性顾虑，担心密码通过读屏软件泄露。

b) 解决思路：在输入法键盘特定字符引入不同振动效果，在不便使用声音反馈时通过触觉识别键盘中的字母和数字，保护用户隐私的同时，提升用户的输入效率和准确度。

c) 用户反馈：在可用性测试环节，视障用户表示希望未来可以通过振动反馈实现不依靠读屏也能实现信息的输入与输出。

6.3 用户界面的触觉反馈设计

无障碍标准是推动产品设计系统无障碍化的关键，从技术创新和用户价值切入，促进各计划参与方在振动触觉层面达成共识，共同推动不同系统、不同产品、不同应用场景的应用，建立跨生态、跨硬件的通用性标准，有助于完善触觉反馈能力矩阵，更有效地赋能行业。

7. 触觉反馈技术的无障碍应用价值

无障碍建设是新时代人民群众美好愿景的重要方面。随着信息化和数字化水平不断提高，残障人士、老年群体、身处临时性障碍或情境性障碍的普通人等信息弱势群体面临的数字鸿沟问题凸显，信息无障碍建设是解决好发展不均衡不充分问题的必然选择。如何通过提供平等可及的信息技术、产品和服务构建无障碍的互联网、移动互联网、智慧城市等信息环境是整个社会需要参与实践的课题。

由此可见，信息无障碍建设是一项系统工程，任何障碍场景下的无障碍问题，都不仅仅是一款产品能够解决的，需要从法律、标准、技术方面着力，也需要从观念、意识等方面着眼，更需要各互联网企业发挥重要作用，通力合作解决无障碍问题。

目前已被验证的无障碍优化模式是基于产品的现有功能进行无障碍优化，保证障碍人士在产品上的可用性。但需要承认的是，仍有许多无障碍问题是产品层基于现有功能无法解决的，只有结合技术才能为无障碍解决方案带来更多的可能性。如通过OCR技术可帮助视障人士获取图片上的文字信息，图像识别技术可称为视障人士的眼睛，让他们获取环境信息或图像内容；语音转文字及文字合成语音技术可有效地帮助听障人士获取及传递听觉信息。

作为振动触觉反馈技术在无障碍领域的探索的先行者，我们希望联动无障碍生态系统中的各个角色共同推动无障碍问题得以解决，助力完善无障碍生态系统的建设，具体而言：

7.1 助力障碍人士自我价值的实现

依据马斯洛需求层次理论可看到对于互联网生活中的障碍人士而言，各类互联网产品

的优化，均在满足障碍人士不同层次的需求，并不断向高层次的需求进阶。基于腾讯游戏MTGPA团队在游戏场景中的探索和经验，通过将振动触觉反馈技术与具体场景的结合，可以弥补现有产品无障碍模式的不足，进而提供一种全新的信息交互方式，助力解决障碍人士的生理、安全、社交层面的需求；不断改善障碍人士在互联网服务的体验和生活方式，最终通过可及的力量帮助更多的障碍人士实现自我价值。

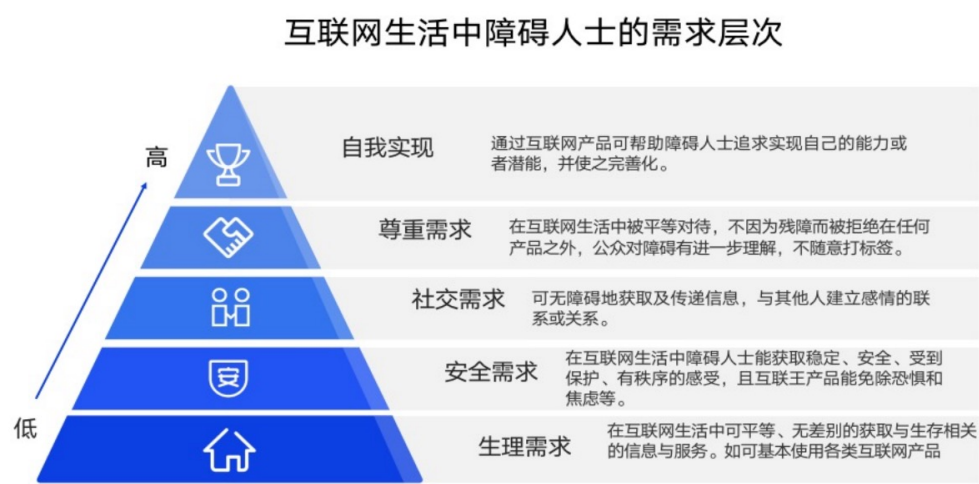


图7（马斯洛需求层次理论：互联网生活中障碍人士的需求层次）

7.2 推动信息无障碍创新研究

信息无障碍技术涉及终端硬件、人工智能、媒体计算、人机交互、心理学等多学科，因此亟需更多专业人员的协同攻关，突破相关技术的实用性难题。同时由于特殊用户存在信息交互障碍，常用的传统用户调研方法并不能很好的适用，导致针对于他们的需求与行为分析都较为困难，相关产品研发进展缓慢，且会出现实际产品实用性较差、不被用户接受的问题。

基于此腾讯游戏MTGPA团队协同无障碍领域专业团队，开展用户体验分析和信息触觉编码研究，确保触觉反馈技术在具体场景中的无障碍体验，深度理解障碍人士需求、以及在实际生活场景中信息交互障碍，提出可解决障碍实用性难题的无障碍解决方案。

7.3 从无障碍的践行者到无障碍的倡导者

2019年11月，腾讯游戏将品牌主张正式升级为“Spark More/去发现，无限可能”，期待汇集用户、合作伙伴和整个社会的力量，一起发现游戏在文化遗产、社会价值、公益责任、科技创新、文化出海等方面更多的可能。2021年，腾讯发布了公司历史上的第四次战略升级，提出“可持续社会价值创新”战略，科技是一种能力，向善一种选择，游戏同样如此。

加快信息无障碍建设是促进基本公共服务均等化的基础条件之一，体现发展的平等性、协调性与包容性，是“可持续价值创新”战略的价值主张实践的抓手。同时推动更多的科技向善解决方案提出和践行,对最佳实践进行系统归纳梳理,总结方法论和适用价值是对整个无障碍生态注入力量的最佳方式。

腾讯游戏MTGPA团队将不断面向腾讯内部产品赋能，提供技术支持，提升产品的无障碍能力。推动相关行业标准产出，推动腾讯内部无障碍共识建立。

7.4 推动行业共识，构建信息无障碍技术生态

技术需要在具体的场景中解决问题，这就需要去适配不同的产品及系统。因此腾讯游戏MTGPA团队面向行业开源成熟振动触觉无障碍技术解决方案，积极推动国内外技术标准制定，构建适用于不同场景和产品的信息无障碍技术底座。与行业伙伴通力合作，产出更多更具备社会创新价值的项目，共同布局无障碍生态矩阵。

8. 触觉反馈技术在无障碍领域应用的机遇与挑战

8.1 机遇

近些年，信息无障碍在我国取得了长足发展。智能化技术开始关注信息无障碍领域，也逐步推动技术在信息无障碍领域的应用，如人机交互、自动驾驶、机器人等。

当下，面向视障人士的信息无障碍优化主要集中在读屏软件与智能软硬件产品的兼容性上，振动触觉反馈技术也主要应用于辅助反馈信息，如手机系统中的辅助功能振动反馈，或增强体验感的场景，如游戏场景。因此，通过振动触觉反馈技术在互联网无障碍场景中传递更多地信息具有一定的创新性。

其次，振动触觉反馈技术具有很强的适用性和延展性，该技术在无障碍场景应用对建设无障碍社会意义重大。此次我们主要筛选了视力障碍群体作为主要帮助的对象，但振动触觉反馈技术对听力障碍群体、老年群体同样是获取信息的重要辅助手段，如对听障用户而言，如可对于听障群体而言，振动是比声音更有效的闹钟反馈机制，对于老年群体而言，振动反馈可以有效提升他们在使用互联网产品及智能设备时的确定感。除此之外，振动触觉反馈技术在盲文信息输入和输出的探索可以为盲校学生的学习带来新的可能性。目前国内，视障人士的特殊教育还不够完善，有很多盲童的基础教育跟不上，而成年后的视障者自主学习主要依靠在互联网上的内容学习，这就取决于互联网的学习内容无障碍优化程度。而很多专业学习资料的呈现形式均已图片属性为主，单依靠读屏软件是很难获取完整的知识内容。换言之，盲文依旧是传递复杂知识

的最佳载体，而盲文多存在于纸质文字，视障人士获取成本较高，且纸质盲文书记不能做到实时更新。如果盲文可通过振动规则翻译出来，那视障人士则可通过翻译振动信息，获取复杂知识，如乐谱的学习。

8.2 挑战

不可否认的是，触觉反馈技术在无障碍领域的应用探索刚刚起步，仍然面临着很多挑战，还有许多技术难题需要突破。

其一，在无障碍领域，振动触觉反馈技术任重而道远，还有许多技术难题需要持续攻克，如如何提高振动传递盲文信息的效率问题，如何将已验证的方案用于更多的产品及场景中等。

其二，信息无障碍建设是一项点多面广的系统性工程，目前我们通过触觉反馈技术在无障碍领域所探索的场景也只是与视障人士相关的几个片段场景。未来还需要将更多的障碍人士的需求纳入考量中，也需要探索更丰富的场景。

8.3 展望

一项具备无障碍属性的技术不仅是服务障碍群体，而是服务所有人。触觉反馈技术也在践行这一理念，其中，振动技术在具体场景中的应用，不仅可以解决障碍人士在使用产品中的困境，同时也可以提升普通人士的使用体验。如，我们在探索的地图场景中的方向识别场景下的振动解决方案，不仅可以有效解决视障人士在外出使用地图类软件时时无法识别方向的问题，对方向感不佳的普通人士也有很强的辅助，可以大大提升用户使用地图类产品的体验感。真正做到了突破圈层，从“某一类人”到“所有

参考资料：

1. 曾繁荣、房颖、赵轶松：《触感技术的现状与发展》，中兴通讯技术2021年6月第27卷第6期。
2. 洪跃镇、周抗寒、隋建锋、季林红：《振动在人体触觉反馈领域的研究进展》，《航天医学与医学工程》2015年第4期。
3. 焦阳、龚江涛、徐迎庆：《盲人触觉图像显示器 Graille 设计研究》，《装饰设计实践》2016年第273期。
4. 宗先信：《盲人触觉图形的设计方法及其应用研究》，浙江工业大学硕士学位论文，2017年。
5. IXDC、华为UCD中心、信息无障碍研究院：《2021中国数字包容用户调研报告》：www.aar.org.cn/knowledge。
6. 腾讯游戏MTGPA团队提供材料，访问获取更多信息：<https://tgpa.qq.com>。
7. IEEE P2861 系列标准，<https://sagroups.ieee.org/2861/>。
8. 深圳市信息无障碍研究会自有研究。

