



上海科学技术情报研究所
上海市前沿技术发展研究中心
TISC技术与创新支持中心



数字化城市

DIGITAL CITY BRIEFING

2023 年

第 17 期

空间计算连接数字与现实世界

编者按

空间计算是一种新兴的计算模型，旨在利用空间领域的特有属性（例如空间位置、空间关系、空间邻域等）来指导计算过程，以更加高效、准确地进行数据检索、数据处理、数据挖掘等任务。近年来，随着 3D 空间人机交互技术的不断发展，空间计算的概念从地理定位与测量扩展到数字世界和现实世界的无缝对接，其对于混合现实的发展有重要意义。同时，空间网络的建设支持空间计算与其他相关技术的发展和融合。自 2019 年以来的一系列全球事件使得空间计算的市场规模不断扩大，科技巨头纷纷加入赛道：苹果推出第一部空间计算装置 Apple Vision Pro；诺基亚推出实时扩展现实多媒体（RXRM）解决方案……展望未来，“实时体验”“扩展现实”“沉浸感知”等将成为空间计算技术热潮的关键词。

目录

技术.....	3
空间计算进一步提升混合现实技术.....	3
空间网络和 Web 3.0.....	4
产业.....	11
全球空间计算市场规模.....	11
空间计算的六大发展趋势.....	14
政策.....	16
与空间计算技术相关的政策法规.....	16
案例.....	20
苹果推出第一部空间计算装置.....	20
诺基亚的实时扩展现实多媒体解决方案.....	22

技术

空间计算进一步提升混合现实技术

空间计算是 MR（混合现实）技术的底层建设之一，为 MR 技术的发展提供了重要的支撑和基础。空间计算涉及多个领域的技术，包括三维重建、空间感知、用户感知和空间数据管理等，这些技术为 MR 提供了将虚拟内容与现实世界无缝对接的能力，同时也为 MR 提供了更加沉浸式、交互式的体验。

通过空间计算技术的应用，MR 技术能够更好地实现虚实融合，从而更好地融入人们的日常生活和工作场景中。空间计算技术的不断发展和完善，也为 MR 技术的商业应用提供了更多的可能性，使得 MR 技术在各个领域的应用更加广泛和深入。因此，空间计算是 MR 技术的底层建设之一，为 MR 技术的发展提供了重要的支撑和基础。

随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，空间计算技术将继续发挥重要的作用，推动 MR 技术的发展和 innovation。空间计算对 MR（混合现实）的意义主要体现在以下几个方面。

一、提升 MR 的感知和反馈体验

空间计算通过实时计算和空间数字孪生技术，让人产生沉浸感体验，使得虚拟内容与现实世界能够无缝对接。这不仅可以增强用户体验，还可以提高 MR 技术的感知和反馈能力，从而更好地实现人与空间的交互。

二、实现虚实融合的元宇宙入口

空间计算可以重新定义人与空间的关系，将各种空间打造成虚实融合的元宇宙入口。这为 MR 技术的发展提供了新的思路和方向，使得 MR 技术能够更好地融入人们的日常生活和工作场景中。

三、促进 MR 技术的商业应用

空间计算技术可以应用于多个领域，如工业、医疗保健、运输和家庭场景等。通过空间计算技术的应用，MR 技术可以更好地实现商业应用，从而推动 MR 技术的普及和发展。

四、增强 MR 技术的感知和交互能力

空间计算包含三个阶段：一是让机器感知空间，包括空间大小、机器所处

的精确位置、人和物的空间关系等；二是实现数字内容在物理世界中的投影和渲染；三是让人借助机器与空间有很好的交互，比如用语音、手势对空间中的数字内容进行操作。这使得 MR 技术能够更好地感知和交互，从而增强其感知和交互能力。

参考文献：

[1] 雪球. 空间计算对 MR（混合现实）的意义[EB/OL].(2023-12-29)[2024-02-27].

<https://xueqiu.com/3203289965/272868407>.

空间网络和 Web 3.0

如今，数字世界和物理世界之间曾经清晰的界限已经开始变得模糊，譬如外科医生在手术过程中尝试使用全息解剖模型；制造、维护和仓库工人正在通过使用物联网（IoT）和增强现实来衡量显著的效率提升；城市正在创建自己的完整 3D 数字孪生，帮助改进决策和场景规划。

这些技术应用被称为 Web 3.0 或 3D Web。它是计算和信息技术（IT）的下一次演变，与 Web 1.0 和当前的 Web 2.0 的发展轨迹相同。空间网络（Web 3.0）将最终消除数字内容和今天所知道的物理对象之间的界限或“空间”

(spatial)，因为数字信息将存在于空间中，与物理世界融为一体且密不可分。

这一愿景将通过支持技术的发展和融合来实现，包括增强和虚拟现实

(AR/VR)、先进网络（例如 5G）、地理定位、物联网设备和传感器、分布式

账本技术（例如区块链）和人工智能/机器学习（AI/ML）等。虽然预计空间网

络的全面实现可能还需要 5 到 10 年的时间，但许多早期应用程序已经带来了显

著的竞争优势。

一、新兴定义：Web 3.0 和空间网络

Web 3.0 是继当前的移动驱动的 Web 2.0 之后的计算时代，并没有单一的定

义。许多人将 Web 3.0 等同于语义 Web，它的核心是机器以更类似于人类的方式

式读取内容并与之交互的能力。最近，Web 3.0 的定义开始包括分布式账本技术，

例如区块链，重点关注其验证和分散信息的能力。从理论上讲，这可能会消除

平台所有者对个人用户的权力。

这些观点中的每一个都开始描述相似的最终状态；他们只是从不同的技术

角度出发。使用“空间网络”一词，因为它强调通过将信息交互从屏幕转移到物

理空间来改变最终用户的体验。

展望未来几年，连接性、处理能力、数字设备以及分析和关联数据的能力都将大大提高。在这个世界上，人们与数字信息的大部分交互都发生在传统屏幕、平板电脑和手机之外。尽管患者护理、研发、医院系统和其他支持性行业所需的互联网络可能还需要几年的时间。然而，人们可以看到这些新接口和数字线程无缝交织的价值，无论是对于个人还是系统。这种集成的物理和数字网络预计将随着时间的推移而构建，建立在安全和可互操作的分层和设计的先进技术融合之上。

二、构建空间网络

虽然人们无法准确预测空间网络何时成熟，但这一未来的趋势线已经出现了几十年。正如早期的功能催生了 Web1.0 和 Web2.0 一样，当今的领先技术在 IT 架构的三个基本层中不断进步，正在推动和指导空间 Web 的演进。

1. 交互：AR/VR 设备预计将成为人类访问空间网络的主要网关，尽管其外形尺寸最终可能从 AR 眼镜或数字隐形眼镜到触觉可穿戴设备、物联网设备、

传感器、机器人、自动驾驶汽车等。为了使 SpatialWeb 得到广泛采用，AR 界面尤其需要变得更加经济实惠且适合长时间佩戴。

近年来，该领域发生了大量投资。传统企业，例如谷歌，正在继续开发和发展 AR 硬件。自 2014 年斥资 20 亿美元收购 OculusVR 以来，Facebook 一直是 VR 领域的积极参与者，最近针对 AR 和 AR 云进行了大量投资，其中包括一个名为 LiveMaps 的项目，据报道该项目将创建共享的 3D 地图世界。苹果一直在开发自己的轻量 AR 眼镜，并申请了一系列专利，可以显著减小此类 AR 设备的尺寸。

放眼更广阔的科技行业，人们看到了支持空间网络交互层的技术创新和发展的上升趋势。例如，在过去十年中，美国每年公布的 AR 相关专利数量增长了三倍多。

2. 计算：人工智能/机器学习将在空间网络计算中发挥基础作用。它使机器和设备能够通过计算机视觉和自然语言处理等方式理解非数字世界。它还将通过人工智能的自编程、持续学习和做出情境决策的能力来推动情境化、个性化的体验。这对于空间网络的成熟度至关重要，并且需要大量的处理能力。此外，

为了快速、安全地将丰富的高清上下文媒体体验从物理对象传输到计算层并返回到最终用户，将需要极快的网络连接。所有这一切都将依赖于高带宽网络 and 更分布式的计算位置，从而成为 5G 连接和边缘计算的核心推动者。

边缘计算通过缩短设备和基于云的处理器之间的距离来帮助减少延迟。

5G，下载速度比 4G 快 100 倍，近年来的投资水平很高，预计连接数量可能会从 2019 年的约 1000 万增长到 2023 年的超过 10 亿，占有所有移动设备连接的比例略低于 10%。最近的经济变化可能会在短期内减缓这一趋势；然而，截至 2020 年 1 月，5G 已在 34 个国家的 378 个城市部署。

支持这种计算级别的关键基础设施是 AR 云。这将需要从机器视觉到 3D 建模技术的各种技术，这些技术将允许在物理对象上创建、定位和锚定数字内容。

3. 信息：数据源和类型不断增加，并且只会随着传感设备的激增而加速。

这使得隐私成为一个关键的考虑因素，这就是为什么许多人认为分布式账本技术（例如区块链）是基础的。通过内置的不变性，可以确保数据完整性和安全性，从而使平台或公司能够廉洁地管理访问和身份控制。因此，区块链的身份验证功能可以实现开放的生态系统，而无需像当今许多基于平台的应用程序那

样限制用户。这种去中心化的能力激发了人们对空间网络实现真正开放和民主化互联网愿景的希望。

除了安全功能之外，区块链还在管理物理世界中的实体方面发挥着作用——从购买基于位置的数字房地产到管理公园等非私人空间，甚至海洋等非政府场所。XRWeb 公司已经开始销售地球数字层上的空间。

总而言之，这是一个跨越 IT 三个层的技术融合。专利出版物通常被认为是创新活动和投资的良好指标，与空间网络技术相关的应用在过去十年中显示出明显的增长。虽然并非所有这些专利都是空间网络独有的，但每项创新都有助于其最终实现。此外，空间网络特定专利（特别提到空间网络、AR 云或 3D 网络的专利）在过去 10 年中增长了十倍。

三、AR 云和 3D 映射物理世界

AR 云是空间网络的关键推动者；有些团体甚至可以互换使用这两个术语。根据开放 AR 云协会（OARC）的说法，AR 云最简单的定义是世界的 3D 数字副本。通过创建机器可读、实时更新并与精确的地理位置信息相关联的 1:1 比

例数字模型，空间体验可以变得更丰富、更准确、联系更紧密。最终，它的创建有助于人们完全消除数字对象和物理对象之间的界限。如今，许多公司正在致力于其发展。

将一切创建物理空间和数字孪生地图：城市、房间、零售空间、公共区域。一旦地图建成，就可以在空间中定义位置，新类型的交易和交互就成为可能。当人和物体开始在这些地图中移动时，收集大量以前无法获得的有关人和流程的信息应该成为可能：他们如何聚集、移动和交互，以及他们认为哪些经验有用。

四、三个阶段：增强、优化和统一

正如上一节所述，空间网络需要所有三层 IT 基础设施都取得进步才能全面实现。成熟之路可以分为三个一般阶段：增强、优化和统一。虽然统一阶段预计还需要几年时间，但许多公司已经通过增强和优化阶段产生价值。

在第一阶段，即增强，组织实施技术来“增强”工人、机器和流程的能力。它们往往彼此脱节，工作流程与以前基本相同。

大多数行业已经处于这个阶段，正在实施 AR 等技术来支持制造、维护和

现场服务的一线工人；3DVR 学习支持困难、昂贵或危险的技能发展；和物联网来推动预测性维护。这些用例已经为公司展示了宝贵的回报，例如，一家公司将 AR 视线指令与使用传统手册进行风力涡轮机组装进行了比较。使用 AR 工作流程可以使技术人员的绩效提高 34%。

奠定了基础通过成功的应用程序，组织为第二阶段“优化”，其中用例变得更加集成和跨职能。例如，在成熟的早期阶段，数字孪生可以让工厂工程师从被动式设备维护转向预测性设备维护。随着组织变得更加复杂，它开始集成数据并通过更广泛的资产绩效管理（APM）系统识别跨职能优化的机会。APM 不仅有助于告知维护时间，还有助于告知操作程序以及材料和零件采购，这可以为整个企业带来收益——从材料支出到因灾难性故障的大幅减少而节省的保险费。

在组织优化的另一个例子中，Wayfair 公司使用 AR 帮助客户可视化并放置家具。虽然该公司发现，由于这次体验，转化率显著提高，但回报却减少了，创建高质量 3D 产品模型所需的时间和精力促使该公司寻找其他用途。如今，

几乎整个在线目录都是使用这些 3D 模型而不是标准摄影创建的。目录和营销资产制作所节省的成本水平释放了整个公司对 3D 体验的价值和进一步投资。

第三阶段，统一，随着技术和生态系统的融合，更完整的空间网络愿景出现。虽然最早的表现出现在游戏领域，但一些专门针对 3D 的初创公司，例如 Ubiquity6 和 WRLD，除了 Esri 等历史悠久的公司之外，正在积极为更广泛的企业和消费者应用开发空间功能。最终，这些公司正在寻找一个平台，帮助每个人在不同的环境之间无缝移动，并在正确的时间和地点提供正确的数据和体验。

关于成熟的空间网络将如何体现有很多猜测。可能性范围从任何人都可以加入（无论设备如何）的完全开源、民主化的空间网络到由少数大公司拥有和管理的平台定义的围墙花园空间网络。技术进步的方式以及空间网络的定义将对这个新世界的展开方式以及它将产生的大量数据产生巨大影响。

许多早期支持者希望，成熟的空间网络将体现出对万维网发明者蒂姆·伯纳斯·李的启发和推动的“普遍性”早期愿景的回归。他们认为，Web1.0 之所以成为可能且有价值，是因为其开放性通过建立开放网络标准而受到欢迎的网络效应和创新。尽管 Web2.0 使用户生成的内容变得更容易，但高度私有和应用程序驱

动的网络已经放弃了开放性。这使得用户难以切换平台，并降低了当今数字交互的互操作性。许多人认为这阻碍了创新和消费者控制，因而在 SpatialWeb/ Web 3.0 的早期阶段，包括 Open AR Cloud、IEEE 和 Spatial Web Foundation 在内的许多团体正在推动创建开放标准，这些标准将在去中心化和民主的价值观背后重新调整。

标准制定可能听起来很枯燥，但它对于确定空间网络的未来以及谁将控制其生成的大量数据至关重要。结果将对经济、社会和道德产生重大影响。这就是为什么所有类型的公司参与创建这些标准如此重要。

五、空间网络中的道德和隐私挑战

空间网络上的体验可能会以前所未有的程度改变人们对现实的看法。与公平和负责任的数据使用以及隐私、所有权、安全性和身份验证相关的道德问题至关重要。

未来几年，商业战略和消费者行为将围绕空间网络不断增强的能力而发展，空间网络通过高度上下文和个性化的信息提供直观的交互。大多数企业不会建

立自己的空间网络；而是会建立自己的空间网络。当它成为计算的下一个主要时代时，他们将参与其中，类似于 Web2.0 功能如何推动新的移动行为和工作方式。

许多企业领导者可能会觉得这种演变距离太遥远，不值得关注。然而，今天需要采取重要行动，为这个新时代的展开做好准备、从中受益并塑造它。虽然最佳切入点可能因行业细分而异，但以下行动将对大多数人有利：

- **着眼于未来进行建设。**大多数大公司已经开始使用许多支持空间网络的技术，但他们通常并没有考虑到最终状态。这可能会导致他们失去宝贵的效率。例如，开始寻找简化和连接 3D 资产的方法——制造公司可以将 3D 产品模型从产品构思到工厂技术人员培训，一直到营销和客户支持。

- **尝试物联网和基于位置的传感器。**利用传感器数据可以增强企业的运营意识，从而实现优化运营。学习管理来自传感器的数据（无论是来自零售商店的摄像头、卡车上的跟踪器还是医院的输液泵传感器）有助于为业务处理大量数据做好准备，还可以帮助他们开始从他们可以提供的见解中受益。越来越多的传感器将成为空间网络用户的关键输入。

- **规划业务。**无论是对大型设施进行寻路建模、建立实体店货架和库存的数字孪生、创建地理模型以优化物流，还是创建生产线的数字孪生，拥有一个公司的业务及其元素位置的数字表示。这有助于为使用其数字等效项进行监控和优化奠定基础。

- **坚持可互操作的道德标准。**空间网络是新兴技术的融合。现有组织和新组织都已经开始建立标准，以实现跨应用程序的互操作性。这些组织和由此产生的标准工作可以通过商业界的支持得到加强。

参考文献：

[1] SWF. The Spatial Web and Web 3.0 [EB/OL].[2024-02-27]. <https://spatialwebfoundation.org/>.

全球空间计算市场规模

空间计算可以用人工智能、物联网、增强现实、有效现实等创新和发展的技术取代旧的计算。据估计，技术进步的引入、智慧城市项目的发展以及物联网渗透率的不断增长等因素可能会推动对空间计算解决方案的需求。

主要市场参与者正专注于新产品的发布，以改善客户体验。这可能会扩大市场增长。大部分工业物联网服务提供商正在提供支持 5G 的网络，这将在 2023—2032 年的预测期内促进空间计算市场的增长。

一、市场情况

市场增长：到 2022 年，空间计算市场规模预计将达到 1 205 亿美元左右，到 2032 年预计将增长到 6 202 亿美元，2022 年至 2032 年的预测期间复合年增长率为 18.3%。

主导细分市场：物联网（IoT）细分市场占据最大市场份额，达到 30%，这表明互联设备在空间计算生态系统中的重要性。

驱动因素：对低计算处理的需求不断增长正在推动空间计算的增长。它有

助于实时计算和本地化处理，从而加快决策速度并提高业务效率。

限制：空间计算技术的高成本和有限的用户基础对其广泛采用提出了挑战，特别是在预算有限的小型组织中。

机遇：5G 网络的采用预计将通过促进即时通信体验和增强移动应用程序的性能来增加对空间计算的需求。

市场趋势：物联网与边缘计算的融合是一个突出的趋势，特别是在中国、印度尼西亚和印度等新兴国家，这可能会进一步推动空间计算市场的增长。

区域分析：北美主导全球空间计算市场，占最大收入份额，达 42%，其次是亚太地区，由于疫情期间网络技术的加强，该地区经历了显著增长。

主要市场参与者：微软公司、霍尼韦尔国际公司、ABB 有限公司等主要公司正在积极开发创新协作软件，以获得市场竞争优势。

二、类型分析

1. 物联网占据最大市场份额

根据类型分析，该细分市场分为虚拟现实、混合现实、增强现实、物联网、人工智能等。物联网领域以最高 30% 的收入份额主导市场。空间计算在帮助制

造商实现设施数字化的目标方面发挥了至关重要的作用。随着市场价值的增加，对基础设施的需求预计也会增加。

2. 医疗保健领域主导市场

应用领域分为医疗保健、汽车、运输、制造、媒体和娱乐等。医疗保健领域占据最大的收入份额，超过 16%。在为患者提供咨询和治疗的过程中，空间计算的服务范围得到了扩展。

由于疫情的影响，对渐进式诊断工具的需求集中。除了医学技术的发展之外，缺乏准确和确定的诊断也限制了患者的康复。另一方面，完美的诊断可以是配备空间计算的 VR 和 AR 工具。

3. 对低计算处理的需求不断增长

空间计算允许实时计算和本地化处理以做出更快的决策，从而减少了应用程序。此外，空间计算还通过降低运营成本和帮助提高应用程序性能来帮助企业提高业务效率，这是通过减少与云中不必要的传输和存储相关的成本来实现的。

当今业务场景的主要需求是减少发送到云端的数据和服务访问延迟，主要

针对使用云基础设施的企业。在计算机网络中，空间计算指的是数据包传播的时间。越低，数据传输率越高。它有多种应用，例如内容交付以及制造现场和油气田的远程监控。

三、发展限制和机会

1. 昂贵的成本和有限的用户基础限制了全球空间计算市场

空间计算技术价格昂贵，这可能会降低预算有限的小型组织对其的接受度。

尽管空间计算市场正在增长，但与其他计算平台相比，其规模相当小。用户群有限的标准可能会让新兴公司更难投资空间计算技能。

2. 用于提供即时通信体验的 5G 网络的出现

5G 的引入和对分散数据处理能力的要求的提高预计将增加对空间计算的需求。5G 网络可能会在预测期内带来改变生活的进步，从而为部署空间计算解决方案带来好处。此外，高性能智能手机应用程序重要性的转变正在增加市场需求。此外，随着电信公司提高移动应用程序的执行速度，对空间计算的需求可能会推动。

四、发展趋势

1.适合建筑师的物联网和边缘计算

物联网和边缘计算中国、印度尼西亚和印度等新兴国家的受益于边缘计算架构。面向建筑师的物联网和边缘计算也正在成为主要趋势。边缘计算是一种技术演进，不受任何特定行业的限制。因此，物联网和边缘计算拥有广阔的前景，并将自动推动空间计算市场的增长。

2.北美主导全球空间计算市场

北美地区的收入份额最大，占整个市场的 42%。平板电脑、iPad、智能手机等互联设备的日益普及，产生了对空间计算解决方案的巨大需求。在该地区，一些主要参与者正在推出空间计算解决方案，以在市场上获得竞争性的空间。例如，红帽公司和 IBM 公司宣布了针对 5G 时代不同企业的新空间计算解决方案。这些解决方案包括 IBM Telco Network Cloud Manager、IBM Spatial Application Manager 等，可帮助各种组织加强向空间计算的过渡。由于新冠疫情，人们越来越关注加强网络技术，亚太地区占据了重要的收入份额。

3. 主要参与者分析

市场上的知名企业专注于开发创新的协作软件，以获得竞争空间并吸引更多

广泛的客户群。市场关键参与者有：微软公司、霍尼韦尔国际公司、ABB 有限公司、华为技术有限公司、惠普企业开发、通用电气公司、思科系统公司、IBM 公司、英特尔公司等。

参考文献：

[1] Market us. Global Spatial Computing Market By Type [EB/OL].(2023-11-01)[2024-02-27].
<https://market.us/report/spatial-computing-market/>.

空间计算的六大发展趋势

随着空间计算逐渐从一种遥远的想象成为可能，这个行业可能会在今年迎来显著的发展。根据研究机构 Future Market Insights 此前发布的报告，预计空间计算市场将在 2032 年达到 5 446 亿美元。

一、更强大的硬件和穿戴设备

未来几年内，将看到更先进硬件的出现，包括开发更舒适、更轻便、更强大的可穿戴头戴设备。例如，Vision Pro 融合了 VR 和 AR 体验于一体，为用户提供了与数字内容互动的新方式。有机会得到发展的不仅是可穿戴硬件。市场对空间计算逐渐增长的兴趣，将为手/眼跟踪传感器和物联网带来更先进的连接性发展。专为 XR（扩展现实）设计的芯片也将增强，为空间计算系统提供动力。

二、更专业的软件和开发工具

用于驱动空间计算系统的软件也将得到发展。苹果也为 Vision Pro 推出了 visionOS，并将其称为“首个引入 XR 市场的专用空间操作系统”。苹果并不是唯一在这一领域进行试验的公司。AR 眼镜制造商 Rokid 也在去年推出了旗下 AR studio 的专用空间计算平台，允许用户创建更先进的 AR 空间体验，包括手势识别和空间音频。亚马逊的 AWS 和微软等云服务巨头也提供了访问空间计算解决方案的机会，例如用于 3D 场景创建的 Sumerian，还 Azure 的 MR 服务套件，为用户提供远程渲染、高级空间映射和对象锚定等工具。

三、交互选项的演变

空间计算的一个核心优势在于，其允许用户以更自然的方式与计算机系统和内容进行交互。为了做到这一点，空间计算系统使用传感器来用各种方式追踪使用者的动作。技术的发展为更先进的追踪能力铺平了道路。例如，手部动作捕捉技术公司 Ultraleap 在手部追踪领域实现创新，使软件能够从用户的指关节一直监控到指尖。也正在开发全身追踪软件，将用于其 Quest 设备和未来的元宇宙

宙策略。Unity 也在创造工具，使眼动和注视追踪更加准确。

四、对连接性的重视

值得注意的是，空间计算不是一项单一的技术，而是指代了一系列能够改善用户与机器交互和体验的解决方案。从 AI 到 XR 软件，这些解决方案中的许多细节都需要算力支持。为了将延迟最小化并确保空间体验的可及性，一些公司正在对更先进的连接选项展开投资。例如，英伟达的 Cloud XR 4.0 平台使开发者能够创建具有 5G 移动计算边缘连接的综合性云平台。这类解决方案将使业内公司以更低的成本来创建和使用更强的空间计算体验。

五、更丰富的使用案例

像许多 XR 概念一样，空间计算最初主要被视为娱乐和游戏领域的解决方案。然而，这种情况开始得到改变。旨在为远程团队创建工作空间的应用正在变得更先进，空间计算技术也在成为工业元宇宙和制造业的必要组成部分。在这些领域，空间计算工具可以为员工提供实时指导，帮助他们通过映射到特定组件的 AR 内容快速修复产品和机器。类似工具可以通过数字分身和物联网来

推动沉浸式产品的开发，甚至有公司使用空间计算来协助提高医疗手术的成功率。

六、更多的沉浸式机会

虽然空间计算不仅限于 VR，但许多技术都侧重于让用户沉浸在特定情境中，并转而推动空间计算的发展。例如，空间音频正在变得更加普遍，苹果将空间音频融入其设备中。微软也为 Microsoft Teams 上的高级会议创建了空间音频解决方案。与空间计算世界相关的另一项沉浸式技术是带触觉的可穿戴设备。触觉手套、身体套装和类似工具模拟了实际触摸数字对象的感觉。尽管这些解决方案近年来的采用有限，但随着新的供应商进入市场提供更实惠的选项，这种情况可能会发生改变。

参考文献：

[1] 澎湃新闻. Vision Pro 打开一扇门，空间计算今年有望出现六大新趋势[EB/OL].(2024-02-16)[2024-02-27]. <https://finance.sina.cn/2024-02-16/detail-inaietuk4767442.d.html>.

政策

与空间计算技术相关的政策法规

空间计算是元宇宙的基础技术之一，其涉及 3D 引擎、VR/AR/MR、语音与

手势识别、空间映射、数字孪生等技术，具有多元应用场景：游戏、音乐会、艺术画廊、景区、KTV 等多种文娱形式；以及更多元宇宙虚拟社交场景，为人类社交生活提供丰富多样且可共享的社交情境；服务于数字孪生城市、交通运输、供水排水提升、气象预报等城市管理工作；助力在零售、地产、金融等更多商业场景中实现元宇宙营销、虚拟 IP 等新业态。然而，空间计算的应用也存在一些不容忽视的合规风险，本文介绍与空间计算技术合规相关的政策法规，并给出相应建议。

一、空间计算技术应用中的个人隐私和数据保护

1. 个人隐私和数据保护风险

空间计算技术通常需要大量数据来支持其功能和应用。如果这些数据没有得到适当的处理和保护，可能导致敏感个人信息，甚至个人隐私泄露和数据滥用的风险。

我国政府高度重视从科技伦理层面对行业进行更细致的规范。2022 年中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于加强科技伦理治理的意见》指出，科技

活动应尊重人格尊严和个人隐私，保障科技活动参与者的知情权和选择权。在空间计算技术的应用中，依然存在着生物识别信息的收集与处理问题。对于这一问题，确保用户隐私和数据安全是至关重要的。空间计算设备的佩戴性、互动性特征意味着其信息收集和处理集中于生物识别信息，不恰当处理该类信息将导致隐私侵害乃至社会问题。

2. 数据收集和存储

空间计算技术通常需要收集大量数据以支持其功能应用。例如虚拟现实、增强现实等应用需要收集用户的位置、动作、声音等信息；还可能包含个人身份、位置信息、生物特征等敏感信息。这些数据在收集、存储环节若未得到适当的处理和保护，可能导致个人隐私泄露和数据滥用的风险。例如，上海一政务信息系统技术服务公司在开展数据处理活动中未能有效履行数据安全和个人信息保护义务，没有建立全流程数据安全管理制度并采取技术防护措施保障数据安全和公民个人信息安全，成为境外不法分子窃取政务数据的“供应链”入口，导致去年7月大量公民数据泄露并被境外黑客论坛兜售。日前，上海市网信办

已协调有关部门要求该公司立即下线政府网站页面、关闭相关云服务端口、配合开展网络资产清查，并对该公司作出行政处罚。

3. 数据传输和共享

在空间计算的应用场景中，数据通常需要在用户设备、云端服务器和其他设备之间进行传输和共享。在数据传输和共享过程中，存在被窃听、篡改或未经授权访问的风险。特别是在跨境数据传输的情况下，涉及不同国家的数据保护法律和规定，可能进一步增加数据安全和隐私保护的挑战。

4. 用户身份和行为跟踪

空间计算技术可以通过传感器、摄像头等设备对用户进行身份和行为跟踪。这些技术可以用于提供个性化的服务和体验，但也可能侵犯用户的隐私。例如，当用户在虚拟现实环境中进行活动时，他们的行为和动作可能被记录和分析，从而揭示他们的偏好、习惯等个人信息。

5. 第三方数据访问和合作

在一些空间计算应用中，可能涉及第三方数据访问和合作。例如，虚拟现实游戏可能与社交媒体平台集成，将用户的个人信息和社交网络数据连接起来。

在此过程中，需要确保第三方合作伙伴符合适用的隐私和数据保护法律，并采取适当的安全措施来保护用户数据的安全和隐私。

二、应对个人隐私和数据保护风险的法规

1. 合规性评估

在开发和使用空间计算技术之前，进行全面的合规性评估，确保符合适用的隐私和数据保护法律法规，包括我国的《个人信息保护法》等，并遵循相关的最佳实践和指南。

2. 透明度和知情同意

向用户清晰、透明地说明数据收集和使用的目的、范围和方式，并获得他们的知情同意。用户应该知道他们的数据将如何被使用，以及他们可以行使的控制权。

3. 匿名化和脱敏处理

在收集和存储用户数据时，采取适当的匿名化和脱敏技术，以减少个人身份的泄露风险。最大限度地减少处理敏感信息的必要性，并确保数据的安全存储和传输。

4. 数据安全措施

采取必要的技术和组织措施来保护用户数据的安全性，包括加密、访问控制、安全审计等措施。定期进行安全漏洞扫描和风险评估，及时修复和改进安全措施。

5. 空间计算技术应用中存在的知识产权问题

- 专利、版权、商标风险

空间计算技术涉及虚拟引擎、数字孪生等多个技术领域，关系到专利、版权和商标等不同形式的知识产权。在开发和使用空间计算技术时，需要遵守相关法律的规定，尊重他人知识产权，避免侵权行为。

- 专利侵权风险

空间计算技术的开发和应用可能依赖于某些专利技术，如果在未经授权的情况下使用了他人的专利技术，可能导致专利侵权风险。因此，在开发和使用空间计算技术时，需要进行充分的专利调研，确保不侵犯他人的专利权。

- 版权问题

在空间计算技术中，涉及软件、算法、图形和音视频等多种创作作品，这

些作品受版权保护。如果在开发和使用过程中未经授权使用他人的版权作品，可能引发版权侵权纠纷。因此，需要遵守版权法律，尊重他人的版权，或者获取适当的授权和许可。

- 商标争议

空间计算技术及其应用中使用的商标可能涉及商标侵权风险。如果在市场推广和使用过程中使用与他人商标相似或相同的商标，可能引发商标争议。因此，在选择和使用商标时，需要进行充分的商标搜索和调研，确保不侵犯他人的商标权。

三、应对知识产权风险的建议

1. 事前调研

在开发和使用空间计算技术之前，进行充分的专利调研、版权搜索和商标搜索，确保不侵犯他人的知识产权。与专业知识产权律师合作，评估技术的专利可行性和风险。

2. 取得许可和授权

获取必要的许可和授权，确保使用他人的专利、版权和商标符合法律要求。

与相关权利人进行合作，达成合理的许可协议或授权协议。

3. 及时申请专利、版权登记

加强内部创新能力，通过研发自己的技术和解决方案，减少对他人知识产权的依赖。同时，采取适当的措施来保护自己的知识产权，包括申请专利、注册商标和版权等。建立适当的知识产权管理机制，包括记录、维护和更新知识产权资产清单。及时跟踪和管理知识产权的有效期限、续展、许可授权等事务，确保知识产权的权益得到保护并得到最大化的利用。

空间计算技术作为元宇宙构建的基础技术之一，在信息化时代具有广阔的发展和应用前景。在推动其发展的同时，必须重视数据合规问题，特别是生物识别信息的收集与处理。通过合规团队的设立、法律法规的遵守、行业自律的推动以及用户教育的加强，我们可以确保空间计算技术的健康发展，并最大程度地保障用户的隐私和权益。行业内各市场主体应通过行业自律组织的建立、制定行业标准和最佳实践、加强合作与监管等方式共同推动空间计算技术的合规发展。同时保障用户教育和知情权，作为被采集数据提供者注重自身权益意识的提高将为全社会数据安全治理优化奠定共识基础。

参考文献：

[1] 君伦律师事务所. 迈向元宇宙：空间计算的合规挑战与应对[EB/OL].(2023-09-28)[2024-02-27]. https://joius.com/news_info.html?id=129.

案例

苹果推出第一部空间计算装置

2023 年，苹果公司（Apple）推出 Apple Vision Pro，一部革命性的空间计算装置，将数码内容无缝融入实体世界，同时让用户处于当下、与他人保持联系。

一、新一代交互硬件：空间计算设备

1. 真实的具现

苹果用双 4K 显示面板实现了 8K 的超高清分辨率，像素总数达到了 2300 万。在这样的基础上，保证了视觉沉浸感的两大核心指标，即视场角 FOV 和角分辨率 PPD，同时达到了良好的用户体验所需要的指标门槛。

2. 全新的交互

苹果 Vision Pro 充分使用眼球追踪、人脸识别和手势识别技术，并通过外屏幕显示面部表情，一方面保证了在现实环境下周围人的友好交互，另一方面又显著提升了虚拟环境下认知沉浸体验。

3. 可运算的现实

苹果利用 M2 芯片的图像处理能力，以及 R1 芯片的传感器协同能力，通过十余个摄像头，多个传感器和麦克风，实现了对周围环境的信息采集和 3D 重建，来实现虚拟物体和真实世界的融合。尤其是突出了其对 VST 功能的看重，通过 VR 相关的技术基底实现了 MR 的体验。

这三种能力每一项都是苹果多年技术打磨以及供应链培养后的结晶，都将开创全新的用户需求和场景，且每一项能力都具有极高壁垒，组合后壁垒更高。

二、意义重大的升维

人类通过感知与实践得来的直接知识，是三维+时间的完整体验，知识传播受技术水平所限，多以文字、书本等一、二维为载体体现，在提升了传播效率的同时也牺牲了信息密度。因此，升维的重要意义显而易见。

Meta 所构筑的元宇宙理想中，人可以在虚拟世界当中生存，虚拟世界可以有无限多个，而现实世界只有一个，甚至可以认为是虚拟世界的一个实例，因此整体看虚拟世界比现实世界更为重要。但在苹果的空间计算逻辑中更加以“现

实”为本，现实世界与虚拟世界几乎是同等重要的关系。Apple Vision Pro 选择了 VST 的技术路线，基于现实世界叠加虚拟信息，将虚拟世界视作现实世界的扩展和补充，第一步是在三维的虚拟世界中增加二维的屏幕，第二步是脱离二维的屏幕在虚拟世界中直接展示三维的虚拟信息。

三、空间计算的颠覆性和必然性

当下，平面计算的技术和体验已不足以支持市场的需求。据发改委网站数据统计，2022 年全球智能手机出货量为 12.1 亿台，同比下降 11.3%，出货量前五家企业市场占有率总和为 69.9%。其中，小米出货量为 1.5 亿台，同比下降 19.8%，市场占有率为 12.7%；OPPO 出货量为 1 亿台，同比下降 22.7%，市场占有率为 8.6%；vivo 出货量为 1 亿台，同比下降 22.8%，市场占有率为 8.2%。

智能手机的出货量已见颓势，这说明智能手机背后的平面计算所能提供的用户体验已经遇到发展瓶颈，需要空间计算带来机会。与此同时，空间计算的技术和体验拐点已经到来，Apple Vision Pro 为标杆产品。

过去，VR 行业长期由 Meta 引领，重视用户数量的增长而牺牲一定程度的

用户体验。苹果 Vision Pro 将引领行业，以用户体验为优先，更加关注硬件设计方面的核心能力。当设备的颠覆性（屏幕替代性）得到初步显现后，将引发产业链的跑步追赶，行业将进入高速增长时代。

参考文献：

- [1] Apple. Apple Vision Pro — Apple 第一部空間運算裝置[EB/OL].(2023-07-13)[2024-02-27]. <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-invest-eu1-billion-germany-and-create-blueprint-industrial-metaverse-nuremberg>.
- [2] 36Kr. 以 Apple Vision Pro 为基准：为什么说空间计算必然到来？[EB/OL].(2023-11-17)[2024-02-27]. <https://36kr.com/p/2521756356321157>.

诺基亚的实时扩展现实多媒体解决方案

人们合作的方式即将永远改变，而诺基亚的实时扩展现实多媒体（Real-time eXtended Reality Multimedia，RXRM）解决方案将走在这场新工业革命的最前沿。

实时扩展现实多媒体提供真正身临其境的实时体验，可以重新定义人们合作的方式。利用突破性的 360°视频和空间 3D 音频来提高工业生产力、增强员工安全和福祉，并开创一个更加可持续的工作世界。该解决方案包括启动和运行所需的一切：软件、硬件和项目实施。

一、RXRM 软件版本新功能

- 具有用于多媒体消费的完整用户界面的独立应用程序——以用户友好的方式观看 360°视频和 IoT 内容并体验 3D 音频。

- 视觉叠加在视频流之上。例如，工业自动化系统的传感器可提高态势感知能力。

- 集成其他媒体源，包括物联网数据和视频分析解决方案。

- 通过录音和回放，可以追踪质量问题或安全风险的原因。

- 权限和访问控制。

- HMD 应用程序——支持 Pico HMD。

二、优点和特点

实时态势感知是当前改变工业工作格局的主要趋势之一。借助 RXRM 提供的低延迟，避免可扩展性瓶颈并提高效率、安全性和生产力。早期采用者可以在竞争中取得领先地位。

1. 最佳用户体验：远程监控和远程监控应用可以体验到全新水平的沉浸感和控制力。

2. 接近零延迟：实时态势感知可提高运营效率、员工安全和生产力。

3. 从同一相机到不同设备的多个 360°视图：不同设备上的多个独立操作的同时观看者——全部通过同一个 360°摄像头。

4. 视觉叠加：视频流顶部的视觉叠加以及与其他媒体源的集成，包括物联网数据和视频分析解决方案。

5. 3D 空间音频：突破性的沉浸式音频技术可应用于工业应用，以实现更好的态势感知和控制。

6. 带宽高效的媒体流：带宽需求减少多达 90%（与传统视频设置相比）。

7. 超高画质：360°范围加上 60/fps 的 8K 分辨率，让用户感觉仿佛身临其境。

8. 录音与回放：通过录音和回放，可以追踪质量问题或安全风险的原因。

三、应用场景

RXRM 可以应用于从增强态势感知到远程治理中的任何受益的地方。从历史上看，工业中的大多数视频都用于安全或监控目的，但 RXRM 提供了更多功能。以下只是一些可能性：

1. 对情况的意识

灵活的设置、360°视图和 3D 音频功能确保现场操作员能够全面了解现场发

生的一切。

2. 远程监控

由于低延迟和现场情况的 3D 视听理念，专家不再需要前往现场，而是可以从远程位置提供指导。

3. 远程操作

接近零延迟确保操作员可以从远程位置享受出色的控制。

4. 安全与监控

传输的超高分辨率图像可以更好地识别人物，而灵活的硬件设置意味着多个观看者可以操作同一台摄像机以获得不同的视角。

5. 质量控制

远程操作和视频分析可用于自动化重要的质量控制流程，从而降低人员成本，同时提高效率。

6. 预防性维护

通过在难以到达的位置安装 360°摄像头，可以在潜在的问题原因导致意外停机等问题之前识别出来。

7. 远程巡检

对于需要检查远距离或远程站点是否符合法规的用例，可以部署携带 RXRM 操作摄像机的无人机。

8. 远程专家协助

RXRM 可以通过高质量的 360°实时视频向远程站点提供技术援助。

9. 远程培训

通过在培训计划中利用数字孪生和 XR 等功能，节省人员成本并提高雇主培训的质量。

参考文献：

[1] ROGERSR. Real-time eXtended Reality Multimedia[EB/OL].[2024-02-27].
<https://www.nokia.com/industries/rxrm/>.



地址：上海市淮海中路 1555 号

邮编：200031

编辑：金旻

责编：曹磊

编审：林鹤

电话：021-64455555

邮件：istis@libnet.sh.cn

网址：www.istis.sh.cn