

卫生信息化国际发展动态

北京市卫生健康委信息中心

2021.03.30

（三）物联网

1. 标题：智能医疗物联网的 5G 技术发展趋势

来源：Sensors (Basel) v. 20(14); 2020 Jul

时间：2020 年 7 月

链接：<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/14/4047>

概要：

在智能医疗健康中，物联网可改善包括医院资产管理、行为改变监控、远程监控、治疗依从性监控、辅助生活、更智能的药物和远程医疗在内的多种应用，将在未来医疗中发挥重要作用。预计 2020 年物联网医疗市场将达 1170 亿美元。5G 网具有设计灵活、高速率、超连接、高可靠性、低延迟、高效能等特性，将在物联网智能医疗应用中扮演重要角色。本文将从智能医疗健康分类、5G 智能医疗健康方案、场景需求、技术趋势、未解问题、面临挑战等几方面进行综述。

分类：物联网有望为各种医疗健康辅助服务提供支持，比如生活辅助、药物不良反应、社区保健、穿戴式设备、紧急医疗服务、嵌入式网关配置、健康监控与预测等。目前基于不同物联网（IoT）的医疗健康应用程序已有多种：葡萄糖感测、心电图（ECG）监督、血压监测、体温监测、血氧监测、康复系统、药物管理、轮椅管理等，还有即将用到的血红蛋白识别、最大呼气流、重要细胞起源、恶性肿瘤护理、眼睛问题、皮肤感染和远程手术等工具。最近由手机传感器控制的基于电子的小工具增长显著。对于智能医疗健康技术的基本需求是系统可靠、更高效、更小尺寸、低功耗、更好服务质量、增强客户体验、提供持续帮助、更便捷、多用途等。但就实现目标而言，研究者和企业间的智能医疗健康观大不相同；不同智能医疗健康需求（面向事物、面向应用和面向语义）的部署策略也不同。

5G 网场景：5G 网场景分为增强移动宽带、大规模机器类通信、高可靠低延迟通信、无线区域网通信四类，每一类有不同需求和应用程序。增强移动宽带类目标是提高网络通讯能力和数率；大规模机器类通信类目标是高能效和高连接密度；低延迟高可靠通信类和触觉互联网应用程序相关，需通信中断率近似 10^{-7} ；无线区域网类主要与人口稀少的偏远地区有关的新应用程序，要求通信直径大于 50km。

技术趋势：为满足上述应用和场景需求，下一代 5G 网需要具备超高连接密度、大容量、高数据速率、超高可靠性、超低延迟、超高能效、远距离通信等特性。为实现上述需求，规模 MIMO（多输入输出）、3D MIMO、毫米波通讯、小蜂窝、超密网和异构网、设备到设备（D2D）通信、有感知无线电、人工智能（AI）和机器学习（ML）等相关技术的发展趋势已很明确。

未解问题与挑战：5G 物联网医疗现还面临着互操作性实现、大数据分析、物联网连接、安全、信任和隐私实现等诸多挑战。因缺乏标准通信技术，多领域间互操作成为重要障碍；未来智能医疗网将由数百万个设备组成，这些设备将生成大量信息和数据，还需更智能算法进行数据分析；智能医疗健康网或将包含数百万个设备，但要确保每个设备相连仍存诸多挑战；未来多数物联网设备、隐私和安全等方面将面临不同类型威胁和攻击，须提供强有力的保护政策。这些问题都有待进一步研究。

结论：无论从功能还是经济角度，5G 网都将在智能医疗健康和物联网应用中扮演重要角色。本文着重介绍了不同观点的应用程序，并就智能医疗健康的范围、频率、功耗和数据速率方面，对短程和远程通信技术进行比较，并讨论了 5G 四大场景需求的技术发展趋势、开放议题和未来研究方向，为今后研究奠定坚实基础。

2. 标题：物联网对医疗健康服务的影响和意义

来源：JOURNAL OF MEDICAL INTERNET RESEARCH

时间：2020 年 11 月

链接：<http://www.jmir.org/2020/11/e20135/>

概要：

物联网（IoT）是将可唯一识别、能收集、发送、存储和接收数据的设备（或物联网）连进互联网的网络。从医学角度讲，物联网指能收集个人健康相关数据并连到互联网上的任何设备。为应对 2020 年新型 COVID-19 大流行，许多国家实施了以技术为支撑的虚拟或远程医疗服务。掌握已建和新兴物联网技术如何支持安全有效的卫生服务现变得越来越重要。本文概述了物联网是如何提高医疗服务、在未来十年医疗产生哪些影响和如何改善医疗的获取和公平。

卫生服务物联网架构有三层：1）感知层，利用射频识别、红外传感器、照相机等传感器收集医疗健康数据；2）网络层，通过无线网、蓝牙、WiFi 等通信方式进行数据传输和存储，存储可集中到云端也可是分散式；（3）应用层，负责数据解释和使用，并为用户提供特定应用服务。物联网医疗和深度机器学习有助于医务人员发现看不见的事物和增强新诊断功能。

智能医疗服务利用物联网、大数据、云计算、人工智能和深度机器学习等技术将传统医疗服务变得更高效、更便捷和更个性化。2020 年遏制全球 COVID-19 大流行促使各国政府消除其许多实施和薪酬的障碍，加快通过智能物联网优化整个卫生服务质量和效率的步伐。物联网可提供从非健康物联网技术到监控日常活动、提供信息支持并促进行为改变的链接和潜在学习机会，为基于证据的透明决策提供巨大潜力，为全人群健康普查提供有价值信息，在应对大流行中也特别有用。物联网可使整个传统医疗服务变得更积极、持续和和谐，对医患更小侵害和更具吸引力。

物联网医疗发展的促进因素很多。政策支持是其最重要的推动力，中国、印度、欧盟、美国等许多国家已制定了有关政策；技术易访问且易用意味着有更多医患使用物联网，但要防止广泛应用导致的不平等现象；事物自主性和智能越高，保护身份和隐私的挑战就越多，建立以网络安全为重点的稳健且有弹性的市场应用指南也越重要。

物联网医疗发展也面临一些壁垒。1. 消费者只有认识到价值超过担忧才可能使用物联网医疗；医务人员也只有全面了解物联网对其职业是安全的才能接受该技术；2. 因无线网易窃听、低能耗组件难确保安全，物联网可能会受到网络攻击；3. 数据控制、存储、共享的隐私权、安全性和机密性需要有强制性守则约束；4. 物联网医疗互操作和标准化是广泛应用的巨大威胁；5. 技术辅助医疗的报销历来具有挑战性，且不同国家间存在明显差异。

结论：物联网是医学研究的一个新增长点。越来越多的传统医疗服务希望通过物联网得到补充或替代。今后物联网医疗研究可放在跨国跨州卫生系统间物联网设备设计、区块链存储效率、基层物联网医疗服务指南与薪酬政策、消费者和临床医生接受度与数字素养等方向上。

译文一：

智能医疗物联网的 5G 技术发展趋势

Abdul Ahad, Mohammad Tahir, Muhammad Aman Sheikh, Kazi Istiaque Ahmed,

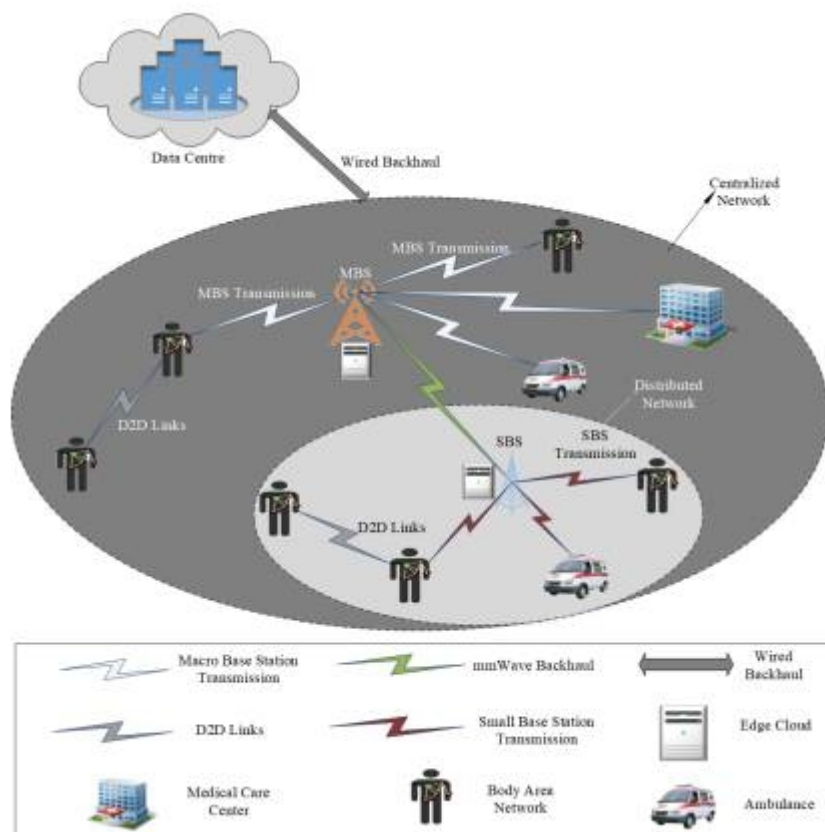
Amna Mughees, Abdullah Numani, 徐健 (译)

摘要：智能医疗正将传统专科医生和以医院为中心的医疗模式迅速转变为以患者为中心。各项技术发展激活了这种纵向医疗革命。现已使用 4G 和其他通信标准实现了智能医疗服务。这些技术对未来智能医疗服务发展至关重要。随着医疗健康业的增长，预计会有各种应用程序产生大量不同格式和大小的数据。如此庞大而多样的数据需要端到端的延迟、带宽、等待时间和其他特性的特殊处理。因当前通信技术很难满足未来高度动态和时间敏感的医疗健康应用需求，所以正在设计和开发 5G 网，以解决物联网（IoT）中医疗健康应用多样化需求。5G 辅助智能医疗网是物联网设备的融合，需要改善相应网络性能和增强蜂窝覆盖范围。当前物联网解决方案仍面临着诸多挑战，如大量设备的支持、标准化、能效、设备密度和安全性。本文对物联网中 5G 辅助智能医疗解决方案进行了全面回顾。通过对现有文献分类，介绍 5G 智能医疗构成，并提出在特定 5G 场景下成功部署智能医疗系统的关键点，最后对几个物联网 5G 智能医疗解决方案的未解问题和研究挑战进行了讨论。

1. 引言

智能医疗可利用先进诊断仪器为患者提供治疗。智能医疗设备可通过实时提供生命体征来提高医疗健康质量。智能医疗的宗旨是通过传递有关医疗问题及其解决方案的信息来为患者提供便利。智能医疗可让患者在紧急情况下采取适当举措。启用远程检查服务可减少治疗费用、支持医务人员提供突破地理限制的更广泛服务。随着智慧城市的扩展，需要更健壮的智慧健康系统，确保为用户提供健康服务。除健康外，更值得关注的贡献是通过及时诊断减少卫生支出。如 2022 年物联网（IoT）智能医疗市场估值将达 1581 亿美元。

物联网将彻底改变医疗健康并降低医疗设备成本。为实现物联网广泛采集，5G 网将扮演重要角色。5G 网中智能医疗是最重要的应用之一。图 1 显示了基于 5G 的智能医疗网及其主要实体的总体架构。



基于 5G 的智能医疗网络的通用架构

在智能医疗中，物联网可改进包括医院资产管理、行为改变监控、远程监控、治疗依从性监控、辅助生活、更智能的药物和远程医疗在内的多种应用，这些应用会在未来医疗中发挥重要作用。到 2020 年，医疗健康行业内物联网将引领市场约 1170 亿美元。许多用于移动通信、电子医疗和/或 Web 服务集成的应用程序将被提出。[7] 提出一种通过电子记录健康数据来检查褥疮的便携式健康应用程序。[8] 计划用一种评估和检查饮食的智能医疗应用程序。[9] 提出一种用于移动健康应用的新颖策略。[10] 针对生活环境提出具有移动性支持的可穿戴解决方案。[11] 为在移动健康环境中提供智能帮助，引入基于移动网关的物联网应用程序。[12] 认为物联网是电子医疗平台医疗应用的必要因素。[13] 提出由传感器组成可在无线网中检查健康状况的可穿戴设备。

在 5G 网通信中，智能天线起到重要作用。智能天线利用很多重要创新来提高 5G 覆盖和容量，创新之一就是波束成形（即，垂直和水平），即将 RF 能量精确地集中在一收缩波束上，而非在广泛区间内分散相同能量。波束成形对于 5G NR 特别有用，因为高频毫米波射频会因被物体撞击（如车辆、建筑物等）造成身份验证损失、因距离而衰减。高调和射频能量束有助于保证理想传输容量和信号质量的高概率。然而，必须注意的是，定位仍是一个问题，因为波束形成的聚焦点会随着衰减而减少。

在 5G 网中，机器对机器 (M2M) 通信和物联网有望成为智能医疗的主要支柱。M2M 面临两大挑战。首先，大量终端导致超密集网（如每平方公里约 106 个连接）。物联网和 M2M 应用需解决超密度和可伸缩性问题解决方案。其次是依赖无线传感器网的物联网应用特性是能源消耗（如特定情况下所需最低电池寿命为 10 年）。5G 网部署和商业化研究始于 2014 年，预计 2020 年完成。除网络密度和对大量物联网设备的支持，5G 网络预计将提供更高数据速率。5G 网设计是灵活和通用的，以支持新的应用，这些应用不仅需要高数据速率，还有包括规模连接、密集部署、可靠性、低延迟、高能效和远程通信在内的其他要求，以支持基于物联网的智能医疗应用。

1.1 我们的贡献

关于智能医疗的研究有很多，从各个方面探讨了这一主题。表 1 显示了与智能医疗相关的不同研究人员的综述。我们的贡献是以不同视角对 5G 智能医疗进行评估，包括：

- 涵盖通信技术、网络类型、服务、应用程序、需求和特征的智能医疗分类法
- 5G 智能医疗的不同方案及要求
- 满足 5G 智能医疗需求、关键问题和挑战的关键支持技术

表格 1 智能医疗现况调查

参考	作者的贡献
Ahad 等[29]	文中作者介绍了基于 5G 智能医疗网络的体系结构和分类法，涵盖了通信技术、目标、性能指标和要求；其次，作者详细介绍了不同的方法，例如计划和路径，以实现智能

参考	作者的贡献
	医疗的不同目标和要求；最后，作者提出与智能医疗相关的开放性问题 and 挑战。
Mahmoud 等 [30]	在这篇评论中，作者对物联网（CoT）及如何在 CoT 的帮助下改进智能医疗应用程序进行了评论；其次，作者对不同的问题进行了详细回顾，例如智能医疗应用 CoT 的能源效率。
Qi 等[31]	在这篇综述中，作者从各个方面（即心跳监测、氧气、血压监测、氧饱和度监测等）研究了物联网在智能医疗方面的不同应用；其次，作者详细讨论了用于智能医疗应用程序的现有支持物联网技术，这些技术具有不同方面，例如网络、数据处理和传感技术。
Dhanvijay 等 [32]	在这篇评论中，作者对 WBAN 的不同 IoT 智能医疗系统进行了详细的评论，该系统支持数据传输和数据接收；其次，作者对与物联网智能医疗相关的安全性和隐私、电源管理、资源管理和能源管理进行了详细分析。
贝克等[33]	在这篇综述中，作者提出了一种用于健康监测的智能医疗模型，该模型可用于对人类进行全局跟踪和特殊情况监测；其次，作者对所提模型的不同组成部分（即监测血压的传感器、可监测身体不同状况和生命体征的可穿戴设备）的最新技术进行了回顾；第三，作者介绍了智能医疗的不同通信标准。

据我们所知，这是首篇概述以上所有使用物联网的 5G 智能医疗网文章综述。

1.2 本文组织

其余内容排列如下。第 2 节介绍智能医疗的结构，包括通信技术、网络类型、服务、应用程序、需求和特征。第 3 节介绍 5G 网络场景及要求。第 4 节介绍实现 5G 网需求的技术趋势。第 5 节介绍未解决问题和挑战。最后，第 6 节提出结论。

2. 分类学

图 2 显示智能医疗分类，包含以下参数：通信技术、网络类型、服务、应用程序、要求和特性。本节将详细介绍分类法。

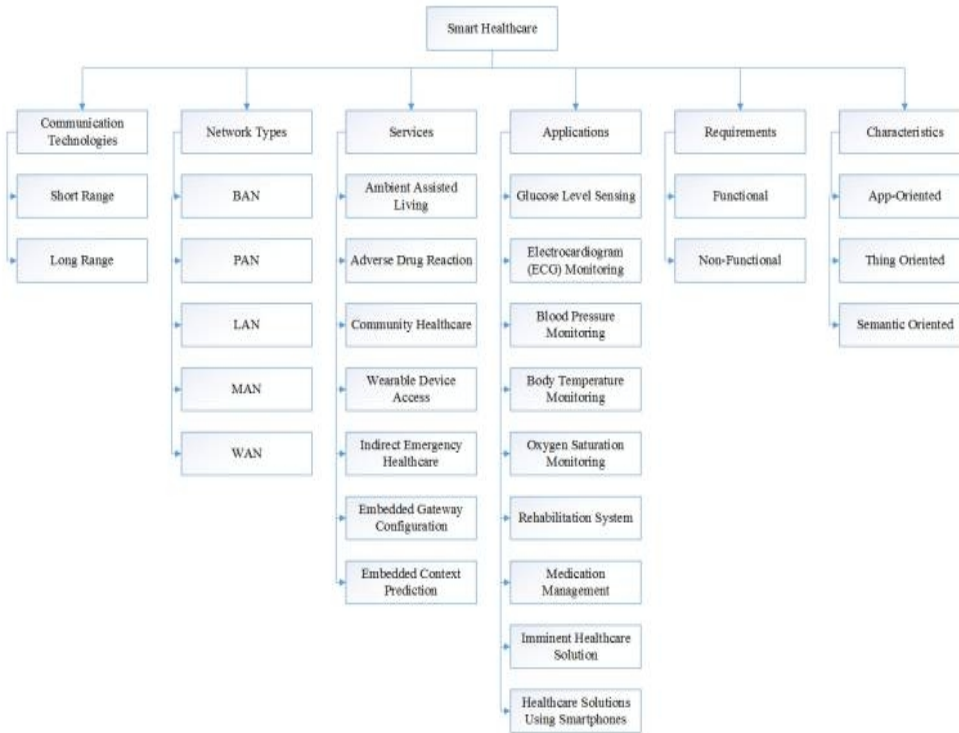


图 2 智能医疗的分类法及其参数

2.1 通讯技术

各种智能医疗服务高度依赖设备和服务器间的通信距离（即短距离和长距离）。蓝牙、ZigBee 和 Wi-Fi 是用于智能医疗的最引人注目的短程无线技术，如体域网（BAN）。LTE 和 WiMAX 是用于在智能医疗系统中本地服务器与 BS 间传输数据最突出的远程技术。此外，LTE-M 被认为是辅助物联网的增强剂。但是，为解决覆盖范围、电池寿命和设备复杂性，3GPP 还需进一步改进。除当前使用的协议外，LoRa 还对用于智能医疗的 LoRa-WAN 协议进行了标准化，以确保多个服务提供商间的互操作性。此外，SIGFOX 通过考虑具有低功耗的智能医疗应用程序，提供了一个适应性极强的全球网络。表 2 列出一些出名的通信技术的比较。

表 2 现有无线通信技术及用于智能医疗的参数比较

	技术	种类	频率	数据速率	范围	耗电量
短距离通讯	NFC	平底锅	13.56 兆赫	100 - 400 kbps	10 厘米	非常低
	蓝牙 4	平底锅	2.4 GHz	1 Mbps 的	0.1 公里	低的

技术	种类	频率	数据速率	范围	耗电量	
蓝牙 5	平底锅	2.4 GHz	2 Mbps 的	0.25 公里	非常低	
ISO / IEC 15693	平底锅	3.56 兆赫	6.6 - 26 Kbit / s	1 - 1.5 m	非常低	
Z 波	局域网	968 - 908 MHz	100 kbps	100 米	非常低	
射频识别	局域网	13.56 MHz - 2.45 GHz	40 - 640 kbps	1 - 100m	低的	
线	局域网	2.4 GHz	250 Kbit / s	10 - 100m	低的	
无线上网	局域网	2.4 GHz 和 5 GHz	802.11 (b) 11 M; (g) 5400 万; (n) 0.6, (Gac) 1 Gbps	50 公尺	低高	
ZigBee	局域网	2.4 GHz	250 kbps	10 - 100 m	非常低	
WiMAX	广域网	10 - 66 GHz	11 - 100 Mbs	50 公里	高的	
远程通讯	劳拉	广域网	868/915 兆赫	50 kbps	25 公里	低的
	广域网	广域网	很多的	0.3 - 50 kbps	2 - 5 公里 (城市) 15 公里 (郊区) 45 公里 (农村)	低的
	西格福克斯	广域网	868/915 兆赫	300 基点	50 公里	低的
	4G	广域网	700, 1700, 2800 兆赫	最高 12 Mbps	最高 10 Km	高的
	5G	广域网	在低频段	高达 3.6 Gbps	最高 10 Km	高的
	5G	广域网	在高乐队	10 Gbps	<1 公里	高的
	(NB-IoT)	广域网	850 兆赫	245 kbps	最高 35 Km	高的
	(EC-GSM IoT)	广域网	890 兆赫	最高 140 kbps	最高 100 Km	高的
	LTE-M (M1)	广域网	700、1450 - 2200、5400 MHz	0.144 Mbps 的	35 公里	高的

2.2 网络类型

基于物联网的医疗系统是靠各种拓扑结构来有效提供服务。物联网可在短距离内提供大量服务，如室内健康应用使用无线网（WLAN）、BAN 和无线个人局域网（WPAN），移动电子医疗使用城域网（MAN）、广域网（WAN）和移动通信网络。所讨论的系统在大小、容量、数据、覆盖范围和延迟上的要求都呈现出特定结构。

2.3 物联网医疗服务

物联网有望为各种医疗辅助服务提供支持，其中每种服务都将提供医疗解决方案的组合。但是，医疗和物联网医疗服务没有标准定义。在某些情况下，服务无法与特定解决方案或应用程序均等划分。本文提出了一些在构建应用程序或解决方案集中服务的弱点和潜力。

环境辅助生活（AAL）：AAL 是用技术和社会环境提高生活质量的服务、概念和产品。AAL 灵感来自于以有益和安全的方式为老年人提供自由生活。AAL 主管部门提供的自治服务及出现问题时向其提供远程协助服务。

药物不良反应（ADR）：ADR 指医生处方药引起的反应。通常，ADR 是使用非常规药物或混合两种或多种处方药产生的结果。尽管 ADR 具本身通用性，但不是特定感染的药物通用性，所以很少用于典型专业问题及其解决方案（称为 ADR 管理）。[36]中提出一种基于物联网的 ADR，即通过条形码/ NFC 授权的小工具在患者方区分药物。在框架帮助下（药物数据前后文是智能的）可对这些数据进行处理，以便根据过敏情况和患者健康电子病史对药物进行检测。

社区保健（CH）：社区保健服务（CH）基于建立本地网想法。这可能是整个城市卫生保健中心、农村地区或居民区都依赖物联网的系统。像这样的几个网的连接是有助益的网络场景。在这些场景中，一项称作社区医疗健康（CH）的特定服务不可避免，因为它能满足整个专业需求。[37]提出一项在农村医疗保健检查中开发物联网的有益建议，其在能源消耗方面具有一定竞争力。由于协作网的原因，授权应与特殊身份验证机制相结合。[38]提议建立一个社区用药网，该网包含大量用于制作 CH 的无线 BAN（WBAN），其架构类“虚拟医疗中心”。

穿戴式设备访问（WDA）：已针对多种医疗用途发明了很多对健康无害的、适用于 WSN 下医疗服务的传感器[39]。它们也足以在物联网中提供相同服务。此

外,可穿戴设备(如智能衣服、智能手表和智能眼镜)或许具有一系列适合物联网设计的必然。但是,可穿戴设备中不同传感器和组件的需求对致力于集成的设计师和分析师来说却是一个挑战,而一项名为 WDA 的服务可解决此问题。该战略提出了一种模型,适用于不同移动设备(如智能手表和智能手机)中大量医疗应用程序。

间接紧急医疗 (IEH): 在许多情况下,医疗健康服务的部署至关重要。这些情况包括不相容的气候条件、火灾事故和飞行中等。在上述情况下,称为 IEH 的专用服务可以部署,如数据访问、更改通知、保存记录和事故后活动[41]。

嵌入式网关配置 (EGC): EGC 是一种组合设施,负责连接用于医疗的网点(专门与患者相关联)、网际网(连接基本服务器和客户)及更多所需系统。从服务角度看,网关可能会以各种需要通用集成的特性出现,这取决于传输网关的特殊原因。由于是全民医疗健康系统的组成部分,[42]对 EGC 设施的优秀模型进行了研究,服务允许进行计算机化及智能监控。

嵌入式上下文预测 (ECP): 为了在 IoT 网上建立感知上下文 (CA) 的医疗应用程序,第三方设计人员需要一些被称为 ECP 服务的适合组件但没有特性的系统。[43]中有类似的普适健康设备。文献[44]研究了 CA 医疗体系中一些挑战。在[45]中,对于上述系统中基于 IoT 网上应用程序所面临的相似挑战也进行了全面讨论,并介绍了一个用于基于 IoT 的远程健康监控的上下文预测器。

2.4 医疗应用

智能医疗服务促使应用程序创建,客户和患者可正确使用应用程序。表 3 展示了基于不同物联网 (IoT) 的医疗应用程序。

表 3 物联网 (IoT) 医疗应用程序

身体虚弱/状况	传感器类型	运作方式	物联网角色/连接
糖尿病	光生理传感器	传感器的输出与 TelosB mote 连接,以将模拟信号转换为数字信号	6LoWPAN 和 IPV6 体系结构协议使所有无线传感器能够与基于 IP 的无线节点进行通信
糖尿病患者	智能手机摄像头	图像分割和解压缩	该应用程序使用智能手机片上系统

身体虚弱/状况	传感器类型	运作方式	物联网角色/连接
者伤害分析			(SoC) 来驱动物联网
监测心跳	电路上的电容电极	连接到无线发送器的数字链中的已发送信息	借助蓝牙和 Wi-Fi, 网关可用于智能设备。
血压监测	血压可穿戴式传感器	测量, 自动充气 and 示波法。	借助网关, 将智能设备连接到 WBAN
身体温度	血压可穿戴式传感器	皮肤温度的测量	借助网关, 将智能设备连接到 WBAN
康复系统	智能家居传感器, 全系列可穿戴传感器。	跟踪, 报告, 检测, 协调, 合作, 对系统的反馈。	异构 WSN 使传感器具有许多访问点。
药物管理	无线生物医学传感器套装。	基本记录的诊断和预后。由可穿戴式传感器记录。	GPS, Web 访问, 数据库访问, 无线链接, RFID 和多媒体传输。
轮椅管理	WBAN 传感器 (ECG, 压力, 加速度计)。	与接收器节点进行无线通信并观察周围环境。	具有异构连接的数据中心层和智能设备
监测氧饱和度	脉搏血氧仪腕	逐时智能检测脉冲时间。	无所不在的合并临床环境
监测皮肤感染和眼疾	智能手机相机	将图案与库的标准图像进行匹配, 目视检查	云辅助应用程序使用智能手机片上系统 (SoC) 来驱动物联网
咳嗽检测	麦克风音频系统已安装在智能手机中	分析记录的频谱图。	该应用程序使用智能手机片上系统 (SoC) 来驱动物联网
黑色素瘤的检测	智能手机相机	将可疑图像与癌性皮肤文库的标准图像进行匹配。	该应用程序使用智能手机片上系统 (SoC) 来驱动物联网
远距离手术	手术机器人传感器, 增强现实传感器	机械手, 主控制器和对用户的反馈。	实时信息管理和数据连接。

葡萄糖感测: 糖尿病是高血糖新陈代谢感染的聚集。血糖监测可检测血糖水平变化并帮助安排饮食、体育锻炼和服药时间。[47]提出一种用于平均葡萄糖瞬时检测的 m-IoT 设计方法。本文讨论的技术是通过 IPv6 网络将传感器 (与患者相关的传感器) 连接到首要医务人员。

心电图 (ECG) 监督: ECG 是人心脏的电活动检查记录, 整合了直接脉冲近似值和生命节律、复杂心律不齐、QT 间隔延迟和心肌缺血的测定值[48]。

血压监测: 血压监测借助电子压力和脉动传感器等传感器来检测脉动和压力信号, 并以数字形式显示结果。[49]中提到一个用于收集血压统计数据并通过基于 IoT 网络发送血压的小工具。小工具由带有通信单元的血压机械组件组成。[50]介绍了一种物联网支持的用于连续血压检测的智能终端。

体温监测：体温监测是智能医疗的基本组成。体温是保持稳定的关键标志[33]。在[48]中，m-IoT 的设想得到肯定，对生成的 m-IoT 系统中一种可植入 TelosB 中并通过跟踪检测读取身体温度的监测体温传感器的有用功能进行了介绍。

血氧饱和度检查：心跳血氧饱和度法适合非干扰观察血液氧饱和度。心跳血氧饱和度测定法和物联网的结合对于变化驱动的智能医疗应用而言非常重要。[51]基于 CoAP 的智能医疗的回顾重点讨论了基于 IoT 的心跳血氧饱和度测定法的验证。[52]中 Nonin 代表名为 OX2 可戴于腕上的心跳血氧饱和度测定仪的能力。该设备使用了直接连到 Monere 平台的传感器和 Bluetooth 健康设备配置文件。

康复系统：身体药物和康复得到改善，身体虚弱或残疾者重新建立有用的能力和个人满意度。物联网可借助医学专家库提升康复系统。[53]中提出基于物联网的智能化医疗康复系统的自动化策略。该计划富有成效地展示了 IoT 作为连接每个基本优势以提供持续数据通信的成功步骤。

药物管理：一般来讲，由于药物耐药性，健康会面临风险，并导致全世界大量资源浪费。考虑到上述问题，物联网提供了一些有发展潜力的条款。文献[54]提出一种基于物联网的药品盒绑定管理技术，该技术包含 iMedBox 和 I2Pack 的雏形部署，并通过字段开口来检测系统。绑定法用于通过远程通信控制精准定位清洗化学成分的需求。

轮椅管理：许多科学家尝试创建智能轮椅，该轮椅装配了弱势个体所需的完整机械装置。物联网有助解决此类问题。[55]提出一种针对轮椅客户依靠物联网创新的智能医疗方案。

即将用到的医疗健康解决方案：还有一些其他医疗健康便捷小工具。这些小工具还没有直接集成到 IoT 系统中，但会不时地添加到物联网系统中。越来越多健康软件、仪器和案例正寻求全球范围内集成到基于 IoT 的医疗中。文献讨论了一些寻求整合到物联网中的医疗服务机构在血红蛋白识别、最大呼气流、重要细胞起源、恶性肿瘤护理、眼睛问题、皮肤感染和远程手术等方面的工作。

通过智能手机提供医疗解决方案：最近，由手机传感器控制的基于电子小工具增长显著，并变成基于 IoT 的智能医疗解决方案的驱动。各种软硬件的目标计

划就是造手机，一种适应性强的医疗服务小工具。[57]系统地介绍了手机健康软件的详细研究。此外，本文还讨论了患者使用的软件、通用医疗方法和医学教育有关的问题。

2.5 智能医疗需求

智能医疗需求广泛分布在如图 3 所示的功能性和非功能性必需品中。技术规范满足医疗设计的特殊需求。如温度监控系统构成，从应用角度上看，温度计/热敏电阻的工作范围、数据收集机制、工作频率都可能不同。因此，根据其应用，功能需求特别适合根据他们的应用细分智能医疗系统市场。

表 3 物联网 (IoT) 健康应用程序

身体虚弱/状况	传感器类型	运作方式	物联网角色/连接
糖尿病	光生理传感器	传感器的输出与 TelosB mote 连接，以将模拟信号转换为数字信号	6LoWPAN 和 IPV6 体系结构协议使所有无线传感器能够与基于 IP 的无线节点进行通信
糖尿病患者伤害分析	智能手机摄像头	图像分割和解压缩	该应用程序使用智能手机片上系统 (SoC) 来驱动物联网
监测心跳	电路上的电容电极	连接到无线发送器的数字链中的已发送信息	借助蓝牙和 Wi-Fi，网关可用于智能设备
血压监测	血压可穿戴式传感器	测量，自动充气和示波法	借助网关，将智能设备连接到 WBAN
身体温度	血压可穿戴式传感器	皮肤温度的测量	借助网关，将智能设备连接到 WBAN
康复系统	智能家居传感器，全系列可穿戴传感器	跟踪，报告，检测，协调，合作，对系统的反馈	异构 WSN 使传感器具有许多访问点
药物管理	无线生物医学传感器套装	基本记录的诊断和预后由可穿戴式传感器记录	GPS, Web 访问，数据库访问，无线链接，RFID 和多媒体传输
轮椅管理	WBAN 传感器 (ECG, 压力, 加速度计)	与接收器节点进行无线通信并观察周围环境	具有异构连接的数据中心层和智能设备
监测氧饱和度	脉搏血氧仪腕	逐时智能检测脉冲时间	全方位合并临床环境
监测皮肤感染和眼疾	智能手机相机	将图案与库的标准图像进行匹配，目视检查	云辅助应用程序使用智能手机片上系统 (SoC) 来驱动物联网

身体虚弱/状况	传感器类型	运作方式	物联网角色/连接
咳嗽检测	麦克风音频系统已安装在智能手机中	分析记录的频谱图	该应用程序使用智能手机片上系统 (SoC) 来驱动物联网
黑色素瘤的检测	智能手机相机	将可疑图像与癌性皮肤文库的标准图像进行匹配	该应用程序使用智能手机片上系统 (SoC) 来驱动物联网
远距离手术	手术机器人传感器, 增强现实传感器	机械手, 主控制器和对用户的反馈	实时信息管理和数据连接

另一方面, 非功能规范并非完全特定。需求反映出一些医疗框架下问题解决的特性。从更普遍的角度来看, 健康非功能性必需品可归类为道德和绩效规范。因为规划整个智能医疗存在巨大障碍, 所以在软硬件规范中额外增加了绩效技术参数。对于智能医疗技术, 基本需求是系统可靠性、更高效率、更小尺寸、低功耗、服务质量、增强客户体验、提供持续帮助的智能医疗方法的声誉、更新便捷性及多用途性。因此, 健康产品设计和智能化的主旨是快速确保健康服务。对于尖端应用, 除了这些规范, 整体结构中还需加入环境智能化, 以增强设施属性。

就要实现目标而言, 研究人员和企业间的智能医疗观点大不相同。可以根据传感器或制动器、处理设备、信息存储组件和网络组件来表征智能医疗技术的各个部分。传感器是一种与识别事物的有机元素相连的传感设备。传感器或制动器的变化取决于监控系统。EMG、血压、ECG、温度传感器、SpO₂、加速计、方向传感器、运动和心率传感器是智能医疗系统中使用的典型传感器。所使用的计算设备从 PDA、智能手机和平板电脑到复杂高级设备 (如超级计算机和服务器) 不等。因为数据存储是系统中最重要的一部分, 所以存储是智能医疗中必不可少的工作。创意医疗网络中的信息存储涵盖很广, 从检测小工具上存储到分析大量信息的大型服务器。网络组件从连接传感器到交换机再到基站都是不同的。鉴于智能保健解决方案的重要性, 模块复杂性也在不断变化。无线技术是智能医疗网络的基础。如图 2 所示的蓝牙、Wi-Fi、RFID、6LoWPAN 等有特色的无线技术类型, 可在造智能医疗网的各种物理组件间交换数据。

2.6 智能医疗特点

成功部署智能医疗系统的关键需求参见图 4。大部分需求可分为面向事物、面向应用和语义。为确保智能手机中应用程序和传感器间数据传输真实性, 在传

传感器和用户计算机中建立个性化网及信息安全是面向应用程序的软件体系的唯一责任。面向事物的体系结构的职责是直接监管、灵活应用和更高级别响应、低功耗、更高效及智能程序开启。面向语义的系统应能处理自然语言为提高用户体验、用早期获取信息增强检测标本、拥有非凡计算能力而执行的办法。

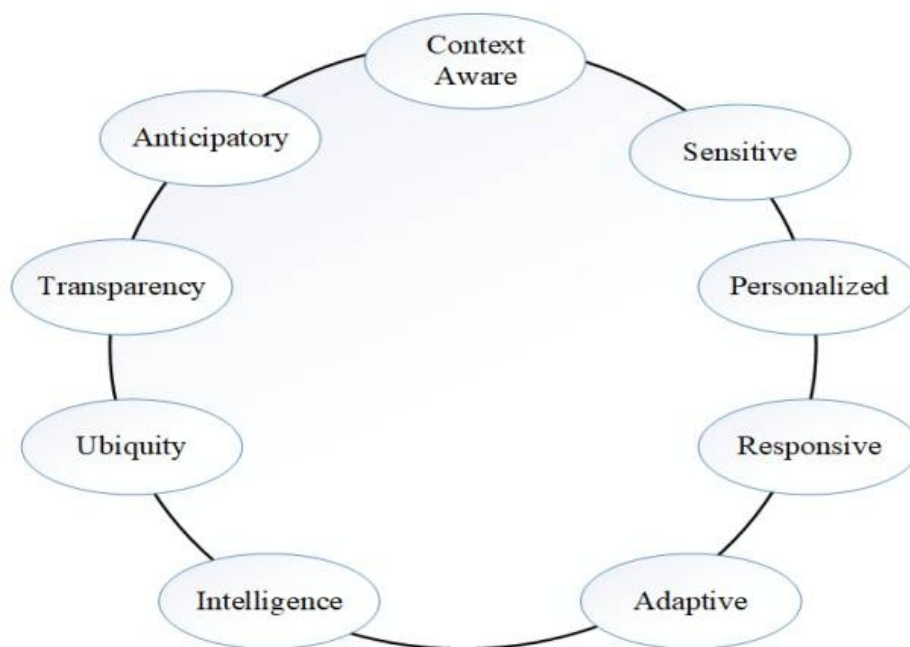


图 4 智能医疗特征

3. 5G 网场景及需求

通过第二节讨论，5G 网场景可分为以下四类。图 5 展示了实现基于 5G 智能医疗网要求的需求和技术趋势。

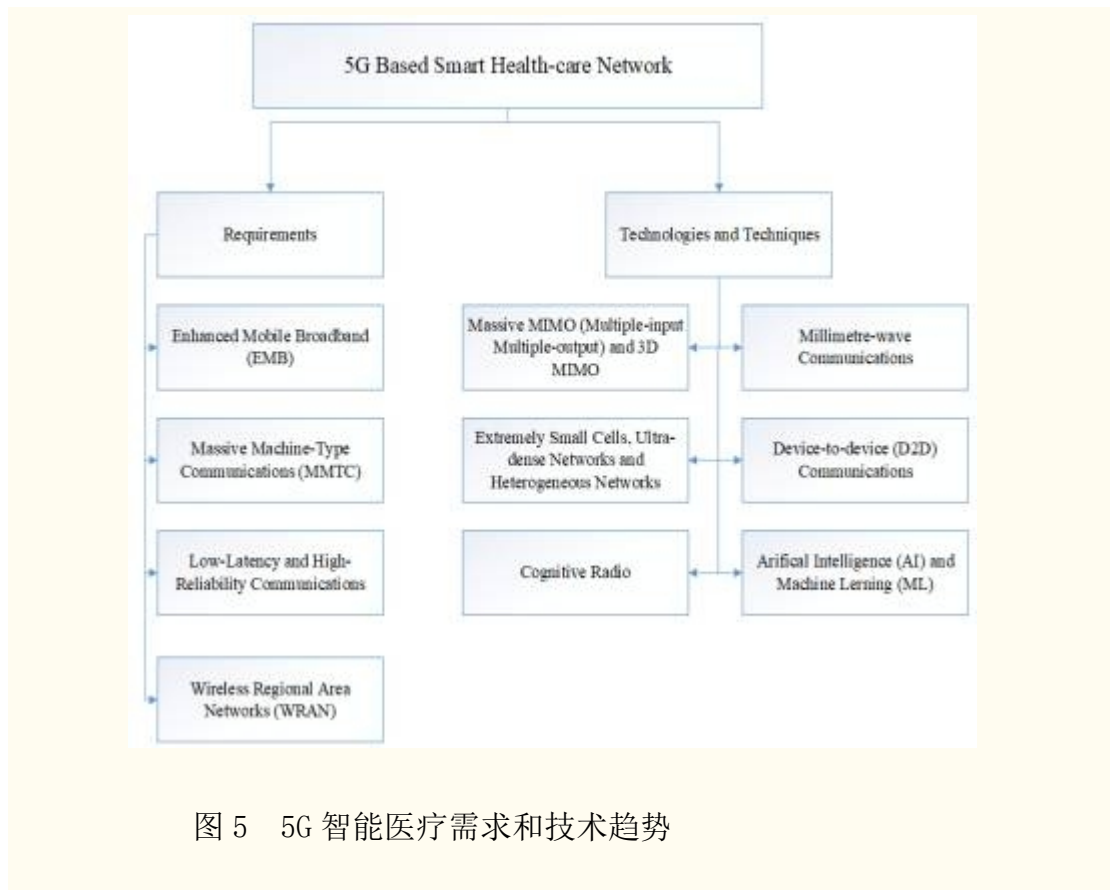


图 5 5G 智能医疗需求和技术趋势

- 增强移动宽带
- 大型机器类通信
- 高可靠性和低延迟通信
- WRAN（无线域网）

如下所述，每一步都要求不同需求和不同应用程序。

3.1 增强移动宽带（EMB）

此方案基本要求是高级别吞吐量和出色通信能力。如[61]指定了以下要求：在城市和郊区用户体验数率为 100Mbps，在热点数率达 1 Gbp，最高数率 20 Gbps，而且容量应达 10Mbps/m²。该方案主要目标是提高网络通讯能力和数率。

3.2 大规模机器类通信（MMTC）

该场景与无线传感器网、M2M 通信和 IoT 通信有关。与场景相关的主要目的是能源效率和连接密度。如[62]讲了连接密度为 10^6 个设备/ m^2 ，能量效率应比 4G 网高 100 倍。[27]指定网络中设备需有 10 年电池寿命。

3.3 低延迟和高可靠性通信

该场景与超可靠通信和触觉互联网应用程序相关，如远程手术和无人驾车间通信（如救护车）。该场景的主要需求是高可靠性和低延迟。如[63、64]所需系统通信中断率近似 10^{-7} 、端到端延迟为 1ms。

3.4 无线局域网（WRAN）

WRAN 是 5G 网络的最后设置思路。此方案的主要目的是提供与人口稀少的偏远地区有关的新应用程序。这种情况的主要要求是与小区的长距离通信，直径大于 50 km 时更为重要。

4. 实现 5G 网需求的技术趋势

上述应用和场景基本需求总结如表 4，这是下一代蜂窝网（5G）需要的；超高连接密度、大容量、高数据速率、超高可靠性、超低延迟、超高能效及远距离通信，为实现这些需求，很多技术趋势及如何利用这些技术应对 5G 网需求是明确的。表 4 显示了智能医疗及需求方案摘要。

表 4 智能医疗方案摘要

场景	驱动	通讯技术	所需延迟	所需数据速率
M2M 可穿戴设备	连接数据 收集	NB-IoT (互连设备)	10 - 700 毫秒	几 Kbps 到 Mbps
		LoRa (传感器应用程序)		
		Zigbee (数据收集)		
		蓝牙 (D2D 传感器)		
数字医院	建筑物内部通讯	无线上网	10 - 100 毫秒	很少的 Mbps

场景	驱动	通讯技术	所需延迟	所需数据速率
紧急 医疗服务	紧急 通信和 高速回复	LTE LTE-A LTE-A 专业版	20-100 毫秒	从 100 Mbps 到 3 Gbps
远程手术	许多位置之间的 URLLC 服务	5G	20 - 30 毫秒	几 Gbps
触觉 交流	URLLC (超可靠和 低延迟通信), eMBB (增强型 移动宽带)	5G, 4G, Wi-Fi, 蓝牙	亚毫秒	几 Gbps
结合 所有方案	通信, 延迟, 带宽, 应用程序	5G, 4G, Wi-Fi, 蓝牙	长达几毫秒	几 Mbps 至 3 Gbps

4.1 规模 MIMO (多输入输出) 和 3D MIMO

根据香农网络能力定理, 通信链路能力最大限制是以 bps 为单位, 且该规则还用于实现更高数据速率研究。

在 MIMO 上工作的装置, 信道能力近似等于

$$C = \min(M, N) \cdot B \log_2(1 + \text{SNR})$$

M 和 N 是 MIMO 系统在发射器和接收器两侧天线数, B 是信道带宽, 而 SNR 是链路信噪比。根据上述定理, 我们可以得出结论, 通过增加系统中天线数量可提高数据速率, 所以用 MIMO 系统实现高速率是下一代 5G 网第一趋势。在规模 MIMO 中, 基站中大量天线可同时协助多个终端。此外, 还可通过有源天线在水平和垂直方向上控制天线波段 (称为 3D MIMO), 从而可最大程度划分蜂窝。另外, 可以通过改进 SNR 来控制天线波段, 从而最小化传输功率或最大化链路能力。图 6 展示了 MIMO 和 3D MIMO 的思路。[68] 显示通过使用规模 MIMO, 能力最大提高 10 倍, 辐射能效提高约 100 倍。

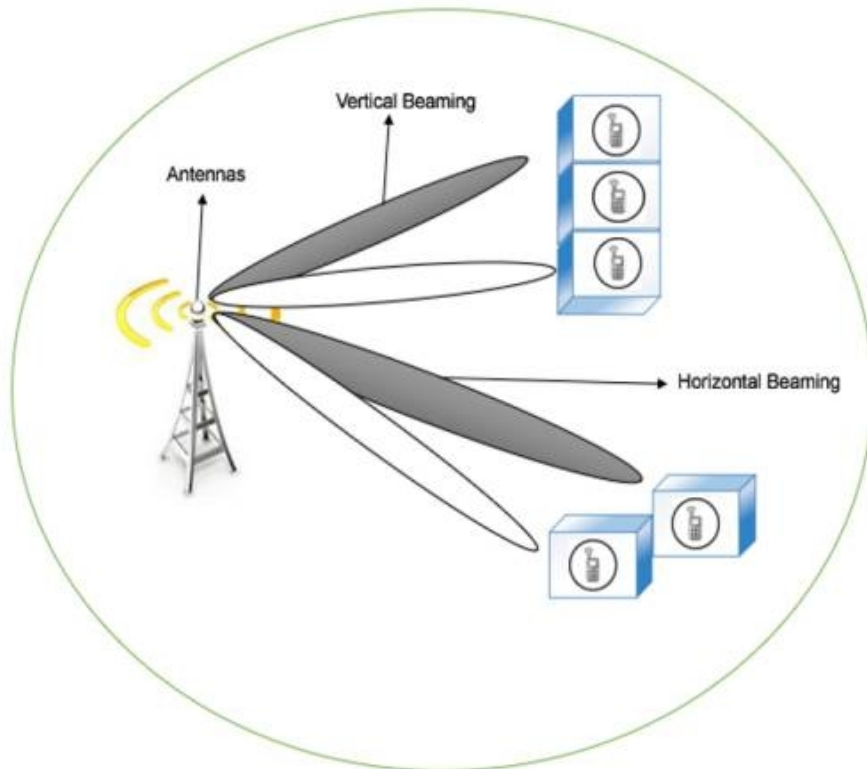


图 6 大规模 MIMO 和 3D MIMO

4.2 毫米波通讯

等式 (1) 表明具有高带宽信道可增强数据速率。但为了增加信道带宽，需要更高工作频率。通过使用毫米波中高频是下一代网络（即 5G）第二趋势。但毫米波通信有很多缺点。首先，毫米波有自由传播空间，将导致更高信号衰减。其次，雨水、大气和建筑物是该波段的合理观测物。如上所述，针对该问题可能有不同的解决方案：用微单元最小化衰减。对于更高衰减，可用定向天线或室内基站，以避免建筑物吸收问题。

4.3 小蜂窝、超密网和异构网

通过使用小蜂窝，增加了频率复用，将增强系统业务能力。超密网场景中小型基站使用将是下一代 5G 网另一趋势。此外，小蜂窝的使用可最大化 SNR，同时最小化发射功率。它可降低通信功率、最大化链路能力，从而增加节能效果。对于 5G，具有小蜂窝、宏单元、微微蜂窝和毫微微蜂窝的异构网是另一种趋势。

在这种情况下，宏单元支持控制面板提供移动性和连通性，微微和毫微微蜂窝支持数据层提供数据传输。图 7 显示了这个想法。但必须牢记小蜂窝不适于 WRAN 场景。对于 WRAN 场景，可考虑使用超微蜂窝。对于这种情况，毫米波通信也不适合。因此，对于 5G 网，将考虑低频和毫米波通信的结合。

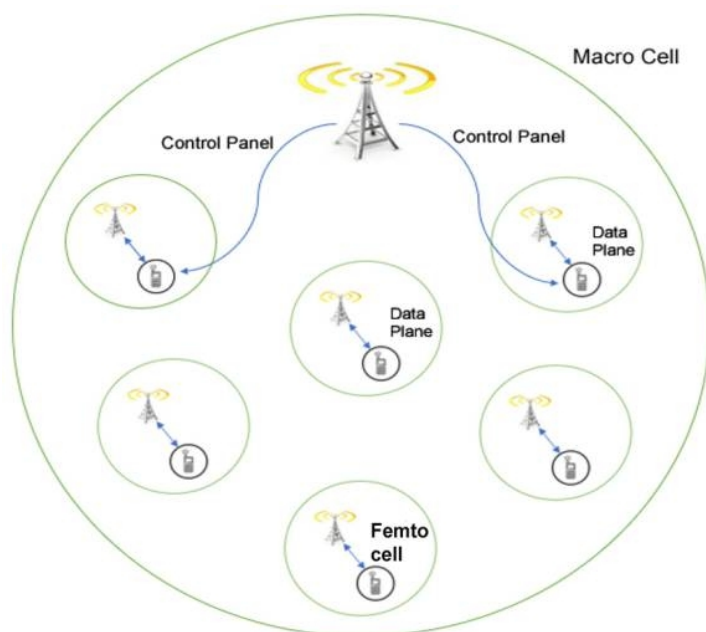


图 7 异构网

4.4 设备到设备 (D2D) 通信

D2D 通信是下一代 5G 网另一趋势。技术可分为两种方式。第一种方式是一个终端与其他终端以增强基站与终端间通信能力的方式进行协作。第二种方式是一个终端不与基站直接通信而是直接与另一终端通信。设备间通信可提高通道可靠性、系统吞吐量、降低运营成本和能效。图 8 显示了两种方式。D2D 中直接通信允许多个 D2D 链路同时共享相同带宽，这导致小蜂窝业务能力增加。此外，可通过直接通信方式（与通过基站进行通信相比）改进 SNR，这种方式可最小化传输功率，以节省能量或最大化链路能力。最后，通过 D2D 直接通信可减少无线链路等待时间。

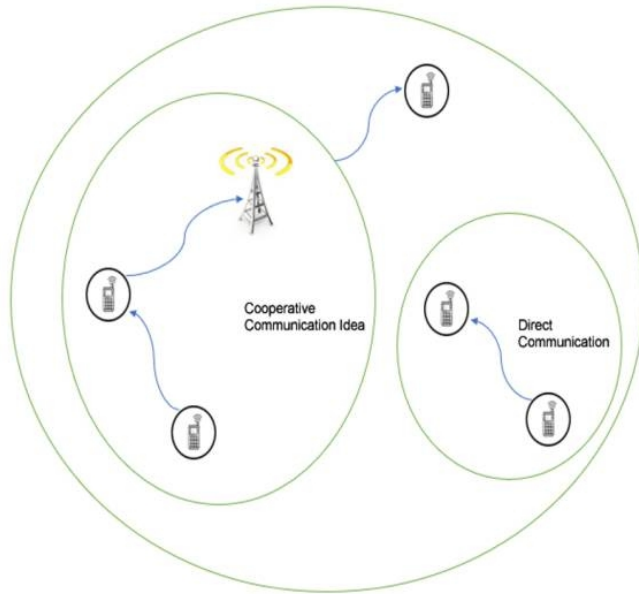


图 8 D2D 方法

4.5 有感知的无线电

这是下一代 5G 网需要考虑的另一项基本技术。有感知的无线电技术可能是实现 WRAN 场景必不可少解决方案。在有感知的无线电网中，用户分两类。第一类是主要用户，第二类是次要用户。有感知的无线电系统可分两种模式运行。第一个是频谱覆盖，第二个是频谱衬垫。在第一种方式中，次要用户和主要用户可同时传输，而次要用户传输功率受限，从而主要用户的干扰小于给定阈值。在第二种方式中，允许次用户适时利用分配给主网频谱的动态频谱访问间隔。有感知的网络更适合 WRAN 场景。

4.6 人工智能（AI）和机器学习（ML）

无线网中智能医疗应用仍处于早期阶段，将在人工智能和机器学习的帮助下逐步发展，以使网络更加智能。网络设计、拓扑、传播模型及 5G 网络节点移动性可能会很复杂，所以为使网络对于智能医疗应用变得更智能，AI 和 ML 在协助和管理网络不同资源上可以发挥至关重要的作用。

AI 和 ML 可通过以下三种方式部署到网络中。

- 为了快速决策和低计算能力，可以将 AI 和 ML 算法嵌入网络中的各个边缘设备中
- 对低延迟物联网服务，网络边缘 AI 和 ML 引擎可在执行实时计算和快速决策中发挥重要作用
- 对海量数据存储和医学数据分析的繁重计算，可将 AI 和 ML 嵌入集中式系统中以实现这些目标

5. 未解问题与挑战

除以上提到的进展，5G 智能医疗还面临许多挑战和未解研究议题。表 5 列出其特征、优势及未来研究方向。本节将描述各类研究挑战和未来研究方向。

表 5 未来研究挑战

特征	好处	研究挑战	关键要求
实现互操作性	通过使用各种协议在不同 IoT 设备之间进行通信的重要平台。	<ul style="list-style-type: none"> • 结合用于零售商安全管理的设备。 • 	<ul style="list-style-type: none"> • 物联网设备的整合和通信（即 CoAP, IP）需要适应性强，通用和集成的模型。 •
大数据分析	通过处理从有效来源接收到的数据来增强网络性能（即，使用智能方法对患者数据进行分析可以最大程度地减少网络拥塞）。	<ul style="list-style-type: none"> • 用于处理网络中设备生成的大量信息的有用工具的限制。 • 缺乏集中式和分布式资源。 • 	<ul style="list-style-type: none"> • 需要一个集中的大数据中心进行处理。 • • 公众赞赏如何以安全的方式利用可用资源。 •
执行物联网连接	确保来自各个领域的 IoT 设备通信。	<ul style="list-style-type: none"> • 如何确保高移动性中来自不同域的各种设备的连接性？ • • 如何优化超高密度网络中的资源？ • • 	<ul style="list-style-type: none"> • 频谱与 IoT 设备通信的有效技术结合使用。 • • 智能算法可确保不同设备与网络中各个域的连通性。 • • 群集方案可支持混合工作负

特征	好处	研究挑战	关键要求
		如何在超高密度网络中实现能源效率?	载并增强资源可用性。
		•	•
		•	
		在网络和设备级别全部署和集成基于云的服务。	
		•	
		•	•
实现安全	提供安全的平台（不受攻击）来部署服务。	在执行之前，在内部人员和外部人员两个级别上检测威胁。	可识别的系统不同级别的漏洞证明。用作不同攻击的入口点。
		•	•
		•	
		智能安全解决方案可帮助数据完整性以防止延迟。	
		•	

5.1 互操作性实现

互操作性是为数据交换而将两个或两个以上不同设备和网络互连。智能医疗网是由不同域（即远程健康监控、远程手术和 ECG）各种 IoT 设备组成。互操作性通过提供与具有不同通信技术的各种设备的连接平台来发挥重要作用。但由于缺乏通用标准通信技术，多领域间互操作是物联网成功的重要障碍。因此，需要一个重要的智能方法来检测不同级互操作，并允许网中数百万个设备相互通信。oneM2M 和 FIWARE 等组织正与各类标准组织（例如 ETSI、OMA 和 3GPP）合作，以解决互操作问题。

5.2 大数据分析

在智能医疗网中，大数据分析是主要研究方向。未来智能医疗网将由数百万个设备组成，这些设备将生成需要分析的大量信息和数据。这些数据包含私人用户信息（即患者数据）和患者周边信息（即心跳率、ECG 等）。因此，需要智能算法和方法来进行数据分析。比如借助机器学习算法有效分析网中本地设备生成的信息。须解决的主要问题有：

- 为数据分析，须对用户数据进行隐私保护
- 对敏感数据，须进行加密
- 为收集和分析数据，须明确定义基础结构
- 为提取信息，须提供计算能力

5.3 物联网连接

智能医疗网或将包含数百万个设备。仅当每个单个设备都连接上时，网络的概念才能成功。这些设备在感测后提供信息。在该网络中，蜂窝网络（即 5G 和 LTE）、蓝牙和 Wi-Fi 等任何现有通信技术都可由 IoT 设备使用。但要确保与智能医疗网中每个设备相连存在诸多挑战，如：

- 保证与网中高移动设备（如移动患者、高速救护车）连接
- 提供网中每个设备的短距离和长距离连接

5.4 安全、信任和隐私实现

在智能医疗网中，因不同物联网设备的连接，安全性是一项重要挑战。因电池寿命和物联网设备处理能力有限，实现复杂安全算法和协议具有挑战。未来，多数物联网设备将面临被攻击风险。在隐私和安全方面将面临不同类型威胁和攻击。成功设计 5G 智能医疗网必须考虑以下几个问题。

- 为确保数据真实和完整，智能医疗设备和云数据库间须安全、直接通信
- 为检测当前和即将发生的攻击，须提供定义明确的方法进行风险评估
- 为取得新用户许可和信任，须提供强有力的隐私保护政策

6 结论

下一代 5G 网将在智能医疗和物联网应用中扮演重要角色。从功能和经济角度上看，智能医疗和物联网应用也会在 5G 网中扮演至关重要角色。本文着重介绍了各种不同观点的应用程序，并就智能医疗的范围、频率、功耗和数据速率方面，对短程和远程通信技术进行了比较。此外，依据对 5G 网的不同要求（即增

强型移动宽带、低延迟、高可靠性通信、规模设施通信及无线网 Internet 接入), 全面讨论了四种不同方案和 5G 网中实现这些需求的技术发展趋势。最后, 文章介绍了 5G 智能医疗相关的开放性议题和未来研究方向。这为使用机器学习、时序、路径、切换和群集等不同方法开始研究 5G 智能医疗的研究人员提供了机会。因智能医疗的独特性, 未来仍有大量工作要做, 本文鼓励研究者调研表 5 提到的由本课题引出的未解问题奠定坚实基础。

***注: 原文和译文版权分归作者和译者所有, 若转载、引用或发表, 请标明出处。**

译文二：

物联网对医疗健康服务的影响和意义

Jaimon T Kelly, BHLthSc, Mast Nutr&Diet, Katrina L Campbell,

Enying Gong, Paul Scuffham, 徐健 (译)

摘要：物联网（IoT）是一个无需人与人之间或人与计算机间交互就可通过网络收集、传送和存储数据的一组无线的、相互关联和连接的数字设备的系统。物联网对于简化和增强主动预测健康问题、诊断、治疗和监控院内外患者的医疗服务都有很多益处。全球各国政府领导人和决策者都在出台政策，运用技术等手段提供医疗健康服务应对新型 COVID-19 大流行。了解建立的和新兴的物联网技术是如何支持卫生系统提供安全有效服务现已变得越来越重要。本文旨在综述当前医疗服务中 IoT 技术及其是如何改善医疗服务、在未来十年内如何影响和搅乱全球医疗服务。物联网医疗潜力将在此基础上得到扩展，从理论上讲物联网是如何提高公共卫生预防服务可及性，并将我们当前二级和三级医疗健康变为一个更积极、持续和协调的系统。最后本文还探讨了物联网医疗引起的潜在问题、医疗保健人员和患者在实际采用时的障碍、信心和可接受性、隐私和安全性、互操作性、标准化和报酬、数据存储、控制及所有权。当前医疗保健中物联网相应推动者将会依靠卫生组织内的政策支持、以网络安全为重点的指南、精心战略规划及透明政策。物联网医疗健康将在提高卫生系统效率和改善人口健康方面具有巨大潜力。

引言

目前全球普遍存在患多慢性病老人引发的挑战。老人医疗、生活方式和个人健康需求将继续给医疗健康资源带来负担。应对这些挑战需要聚集于赋予人们通过健康创新来自我管理健康的权力，以改善民生并减轻健康资源负担。

数字设备和物联网的背景

进入 2020 年代，连接到互联网上的设备比以往任何时候都多，且这种增长仍将继续保持快速增长势头。到 2020 年，全球估计有超过 210 亿个设备连到互联网上，是 4 年前设备数量 5 倍。物联网（IoT）最简单的定义是将可唯一识别、能收集、发送、存储和接收数据的设备（或物联网）连到互联网上的网络。从医疗健康角度看，物联网被视为能收集个人健康相关数据的任何设备，包括计算设备、移动电话、智能手环、可穿戴设备、数字药物，植入式手术设备或其他便携式设备，这些设备都能测量健康数据并连到互联网上。

物联网技术发展促使人们为更明确提高健康而涉猎更广的医学实践。近来的综述已全面阐述物联网在医疗保健中各种服务和应用（如电子医疗、移动医疗、居家协助生活、语义设备、可穿戴设备和智能手机、及以社区为基础的保健）。这些服务都已有详细介绍，并在单病况和多病况管理中有许多应用程序，包括例如由医务人员远程跟踪和监视健康状况的能力、改善慢病的自我管理、早期异常检测援助能力、症状快速识别和临床诊断、早期干预、提高处方依从性。这些应用程序可更好利用医疗资源、提供高质量和低成本医疗服务。

卫生系统正在改变

随着 2020 年为应对新型 COVID-19 大流行而关闭了全球传统卫生服务，为减少实施阻碍的影响，基于技术支持的卫生服务聚焦到在虚拟和远程环境下重构传统医疗服务的潜力。作为回应，为持续提供卫生服务和保持社会疏离，许多国家已成功实施了以技术为支撑的服务。随着全球领导人都在考虑通过政策尽可能地提供更多技术支持的卫生服务应对当前的 COVID-19 危机（及之后考虑），了解建立的和新兴的物联网技术都是如何在危机或疾病流行期以补充或替代的方式支持卫生系统提供更安全有效服务就变得越来越重要。

本文综述了当前医疗保健技术，总结了 IoT 设备是如何提高医疗服务，概述了 IoT 技术是如何在未来十年内影响全球医疗保健。本文还概括了物联网对医疗保健的破坏是如何改善初级、二级和三级智能医疗保健的获取和公平，其会变得更主动、持续和协调。

基于物联网的医疗保健架构

卫生服务物联网架构由 3 个基本层组成：（1）感知层，（2）网络层和（3）应用层。我们无意对这些层进行详尽介绍，只在后面章节提供一些概要和相关健康影响。

感知层：收集数据的传感系统

感知和识别技术是物联网的基础。传感器是可以感知环境变化的设备，例如可包括射频识别（RFID）、红外传感器、照相机、全球定位系统、医疗传感器和智能设备传感器。这些传感器可通过物体识别、位置识别、地理识别等方式进行综合感知，并将信息转换为更便于网络传输的数字信号。传感器技术允许实时监控治疗，并有助于获取患者的多种相关生理参数，从而可快速跟踪诊断和高质量治疗。虽已有很多可能挽救生命的物联网传感器设备例子，但并非所有设备都经临床测试或已被证明是安全或有效的。多媒体附录 1 提供了一个支持和改善卫生服务的 IoT 装置概要。

网络层：数据通信和存储

物联网技术包括有线网和无线网，它们可与已处理的（第 1 层）信息进行通信，并存储在本地或集中位置。事物间通信可通过低频、中频和高频进行，后者是物联网重点。这些技术包括短距离通信技术，例如 RFID、无线传感器网络、蓝牙、无线个域网、低功耗 Wi-Fi 和全球移动通信系统。高频第四代（4G）蜂窝网络具有更强通信潜力，不断发展的 5G 网也变得越来越容易获得，并有望成为医疗物联网应用增长的主要驱动力，可提供数千个设备同时可靠连接。

通信数据存在本地（通常是分散的）或发到集中式云服务器上。因为连到云上的设备间获取、存储和传输数据随时发生、灵活和可扩展，所以通过云计算支持医疗服务有很多益处。因此可以预见云可支持数据密集型电子病历（EMR）、患者门户、医疗物联网设备（可能包括智能手机应用程序）及大数据分析驱动决策支持系统和治疗策略。但随着越来越多的云应用进入健康市场，同样重要的是，须有证据支持其有效性和安全性、健康数据安全操作、数据对第三方的可靠性和透明性。此外，有人建议，由于物联网设备与数据中心间距离，集中式云存储在将来会给用户带来一些问题，比如过多数据积累和延迟。

分散式数据处理和联网法可改善 IoT 在卫生领域的可扩展性。边缘云是一种更新的云计算概念，它允许 IoT 传感器和网络网关以分散的方式（即在边缘）处理和分析数据，从而减少在集中位置进行通信和管理所需的数据量。同样，区块链存储使用分散式数据存储，创建包含各个信息集的独立块，从而在一个集体块中形成一个依赖链接，进而创建一个由患者而非第三方监管的网络。现已有一些为医疗实践设计的区块链平台的例子，但在卫生领域对边缘云和区块链的研究仍有限，将成为未来研究重点。

应用层

应用层负责解释和使用数据，并为用户提供特定应用服务。一些物联网最有前途的医疗应用是通过人工智能（AI）提供的。人工智能科学应用激增，包括图像分析、利用自然语言处理文本识别、药物活性设计及基因突变表达预测。AI 能读取可用的 EMR 数据，包括病史、生理、检验、影像和药物，并将这些数据关联起来，生成治疗和/或诊断决策和/或一种可能性。例如，IBM Watson 为了获取重要和偶然发现，使用 AI 读取 EMR 中结构化和非结构化文本和影像，为临床质询汇编相关医学文献。

物联网医疗和深度机器学习的使用有助于医务人员发现看不见的事物，和增强新诊断功能。尽管诊断可信度可能永远达不到 100%，但结合机器和临床医生的专业知识确实能提高系统性能。例如，与 54 位眼科医生和高级住院医师的诊断相比，将 AI 应用于视网膜图像可改善糖尿病性视网膜病变和黄斑水肿的检测和分级，实现高特异性（98%）和敏感性（90%）。人工智能和深度学习还可优化疾病管理，可提供从移动医疗应用程序和物联网设备生成的大数据和分析，并在医疗保健中得到采用。这样的例子包括在糖尿病护理和心理健康上预测风险、未来医疗成果和决策，预测充血性心脏衰竭、骨病、阿尔茨海默病、良性恶性肿瘤分类和心律失常的进展。

为智能医疗扩展物联网的功能和范围

物联网是使智能医疗服务运行的基础架构。当通过 IoT 传感器收集、通信和存储健康数据，可引发风险识别提升、疾病诊断、治疗和远程监控、自我管理的数据分析和智能医疗。

智能医疗服务利用物联网、大数据分析、云计算、人工智能和深度机器学习等信息技术的进步，将传统医疗服务转变成更高效、便捷和个性化的系统。信息计算机技术的最新发展允许在医院内外开发具有更智能预测功能的医疗解决方案。我们正在看到使用虚拟模型通过传感器和设备将医院提供的护理转移到家中的功能，这些传感器和设备可对家中或医院接受治疗的患者进行远程检查和监视，并通过云访问在其中创建一个连续统一体。最近，2020 年全球减缓 COVID-19 传染的公卫努力(至少暂时)已促使各国政府和政策制定者消除了其实施和薪酬方面的障碍，使医务人员能为需要者建立虚拟护理模式。物联网也提供了一些提高整个生态系统卫生服务质量和效率的机会，包括医院管理、医疗资产管理、工作人员的流程监管、基于患者流的医疗资源最佳利用。

物联网如何改善卫生服务的提供

初级卫生保健变得越来越容易获得

集中预防疾病必须是这十年首选，现有可变风险的疾病负担要比以往任何时候都大。医疗物联网有改善人口健康、转变医疗服务方式的潜能，这是一种真正的初级、二级和三级保健混合模型，医疗系统可以新的、更有效的方式使用现有劳动力，对改善慢病患者的自我管理也至关重要，因为即使医疗服务多的用户中，90%以上的生活方式自我管理是由患者自己、院外和门诊完成。

轻松获取健康信息是公众的明确需求。例如，2015 年美国的一项调查中，有 58% (931/1604) 的智能手机用户下载了与健康相关的应用程序来进行生活方式自我管理。人工智能还推动了即时医疗信息的可用性，例如聊天机器人（或人工智能医生），这些信息可以提供生活方式和医疗建议。这些已建立的 AI 机器人的例子包括 Woebot, Your.Md, Babylon 和 HealthTap，患者可在其中输入他们的症状并立即收到建议。然而，超过一半的高评级应用程序的医疗申请没得到批准，没正式流程批准应用程序或告知消费者选择，要了解聊天机器人改善健康的

潜力还有很多工作要做。因此，可靠的数字健康实证至关重要。如果医务人员可随时使用基于证据的数字资源、设备和移动应用程序，那么数字处方可能会成为卫生行业中广泛采用物联网的推动力，并推动人们更加关注疾病预防。

在个人层面，物联网提供了从非健康物联网技术到监控日常活动、提供信息支持并促进行为改变（多媒体附录 2）的链接和潜在学习机会。此外，物联网和数据链接为基于证据的透明决策提供了巨大潜力，这可能会推动疾病模式转变和全面提升民生。城市基础设施、物联网技术和云计算的集成可以收集和分析大量不同的人类和非人类相关数据。这些数据可为疾病、意外事故、风险因素和环境条件的全人群层面普查提供有价值信息，这是很难通过传统的人报告疾病监测系统收集，但在应对大流行中特别有益。例如，在全球 COVID-19 大流行期间台湾，在社区中应用于电子数据（GPS，闭路电视监控和信用卡付款）和个人移动数据的大数据分析已被有效地用于跟踪、交流和隔离潜在接触者。通过物联网和数据联动，决策者可作出基于证据的决策，以促进健康社会，建设生态环境、安全传输系统、优质公共服务、智能医疗服务和应急响应系统。

积极、持续和协调的二、三级医疗

物联网医疗系统可使整个医疗系统摆脱传统服务方式（通常是被动的、间断和不协调的），而转向更为积极、持续和和谐的方式。因为这种方式提供了对医患更小侵害和更吸引人的高质量医疗机会，所以是有益的。因为它还能显著提高卫生系统效率（并随后减少资源使用），并根据个人或人群需求灵活切换卫生服务模式，所以卫生系统格局这一重大改变对政策制定者也极具吸引力。多媒体附录 3 总结了物联网如何改善医疗服务的协调性和提高卫生系统效率的 7 个示例。

物联网医疗解决的推动与障碍

促成因素

政策支持

政策支持是物联网最重要的环境推动力之一。许多国家已有了电子医疗政策（如提供医疗服务的 Web 软件），无论已建还是正在制定的物联网基础设施、投

资和/或医疗保健实施政策。如中国、印度、印度尼西亚、日本、马来西亚、菲律宾、新加坡、泰国、欧盟、美国和越南目前都已制定了有关物联网政策。澳大利亚也正在制定物联网发展和投资政策。

可访问且易于使用的技术

技术普适性意味着医患比以往任何时候都拥有更多数字资源访问权。但对于卫生系统而言，更重要的是要意识到物联网广泛应用可能导致的不平等现象，包括因地理位置或经济劣势而无法负担或访问技术硬件或可靠互联网服务的个体。同样，如果某个人不认为该技术对用户友好、不良连接体验或感觉不到是经过与他们协商（医患）而设计的，那么通常会沮丧和不愿使用此类服务。

以网络安全为重点的稳健和有弹性的市场采用指南

网络风险是物联网广泛采用的主要障碍。患者隐私必须得到保护以防止未经授权者识别和跟踪。从这个角度看，事物自主性和智能越高，保护身份和隐私的挑战就越多。

壁垒

信心与接受度

公众对云存储健康信息中数据安全的认识和理解存在差距。从社会角度来看，这是物联网采用的最大威胁，所以令人担忧。虽然物联网对社会的意义是很明确，但对于个人还不是很清楚物联网能从医疗角度给人提供个性化服务的实际价值。尽管泄密的潜在威胁可能永远不会消失，但消费者认识到的价值要超过这些担忧，才能有信心参与物联网支持的健康公共建设中。医务人员对物联网的信心和接受度也同样重要。影响临床医生接受技术支持的程序的因素很多，包括技术特征（如准确性，与常规系统的兼容性及易用性）、个人态度和知识（如熟悉度和对职业安全的影响）、外部因素（如医患间互动）和组织准备情况（如培训和报销）。

隐私权与安全性

物联网可能会带来网络攻击和不当收集个人数据的机会。基于 IoT 的应用程序容易受到网络攻击的原因有两个：（1）多数通信是无线的，这使得窃听变得非常容易；（2）多数物联网组件特点是低能耗，所以很难自行实施复杂方案来确保安全。美国国家标准技术研究院最近发布了针对物联网设备的安全指南和建议草案，重点关注物联网设备的数据安全性；但尚不清楚在物联网健康设备上可否实施这样的指南。

数据存储，控制和所有权

物联网医疗的向前发展需要考虑在哪集中存储云数据和谁拥有数据的透明度与强制性守则，例如，数据主机对某人数据具有查看权吗，或这些数据完全由个人控制吗，再或即使用户提出要求也不能从云中删除吗？另一重要考虑是跨州或地区及国际范围内的数据共享。数据控制和存储的隐私权、安全性和机密性应由联邦政府强制执行，但国际主机和供应商可能不必遵守此类法规。因此，使用这些平台需要战略规划和透明的指导方针，以制定和实施健全的基于物联网的医疗政策和护理模式。

互操作性和标准化协议

物联网和医疗系统的互操作性和标准化问题对卫生系统广泛应用物联网构成巨大威胁。缺乏标准化正威胁着卫生机构的物联网发展，因为业界和制造商尚未就无线通信协议和机器间通信的标准达成共识。没有统一、标准化和可互操作的系统，将极大阻碍卫生行业采用物联网，更不太可能在国际上普及。物联网中的语义互操作性是大数据技术支持决策流程的必要条件。每个新技术开启、设备或系统制造的企业都定义自己的特定体系结构、协议和数据格式的情况已越来越普遍，除非对其进行适当的重新开发，使其与医院物联网平台互操作，否则它们无法与卫生系统进行通信。这就创建了筒式仓，用以要求开发新功能同意不同系统间互操作。卫生行业启用物联网的未来和全部潜能取决于互操作性的解决，现确实已有一些框架。物联网平台实现互操作可为临床医生和患者提供更安全、更易访问、高效且令人满意的体验。

报销

最后，技术辅助医疗报销历来具有挑战性，且不同国家间存在明显差异。在尚无建立报销机制的地方，物联网医疗可能甚至更复杂（且在解决上述问题前不太可能实现）。随着国际卫生组织在网络安全方面制定了强有力的政策和指导方针，并解决了互操作性和标准化协议相关问题，单付款和多付款系统间报销和监管将成为一个确保可应用于实践的成功、有效、经济的物联网医疗模式的关键优先选项。

结论

从这个角度看，物联网潜能是医疗研究领域的一个新增长点。这些增长为卫生系统提供很好机遇，可在医院内外主动预测健康问题、诊断、治疗和监测患者。随着技术支持型医疗服务的增加，卫生系统可提供更为灵活的服务，越来越多的传统医疗服务将通过物联网得到补充或替代。但是，物联网在卫生领域的具体实施还将依赖于一套清晰和稳健的实践守则，以管理医疗物联网设备提供和使用的数据、隐私、机密性和网络安全。与物联网技术本身、卫生系统及物联网技术用户相关的很多研究还处于空白。今后可将具体的物联网技术研究放在如何利用跨国、跨州的卫生系统间标准化协议和互操作来设计物联网设备上。与物联网医疗服务的集中式云存储解决方案相比，区块链存储的效率还需进行更多研究。从卫生系统角度考虑，很有必要制定数字化医疗处方的临床指南及通过物联网提供初级和二级医疗服务的薪酬政策。最后，还需要进行更多研究来明确在使用物联网提高医疗服务和整体体验下消费者和临床医生接受度与数字素养。虽然本文只选择了文献摘要，而非详尽的系统文献综述，但对今后相关研究、对可节省医疗费用、提高以患者为中心的医疗服务的物联网广泛应用都大有帮助。

***注：原文和译文版权分归作者和译者所有，若转载、引用或发表，请标明出处。**