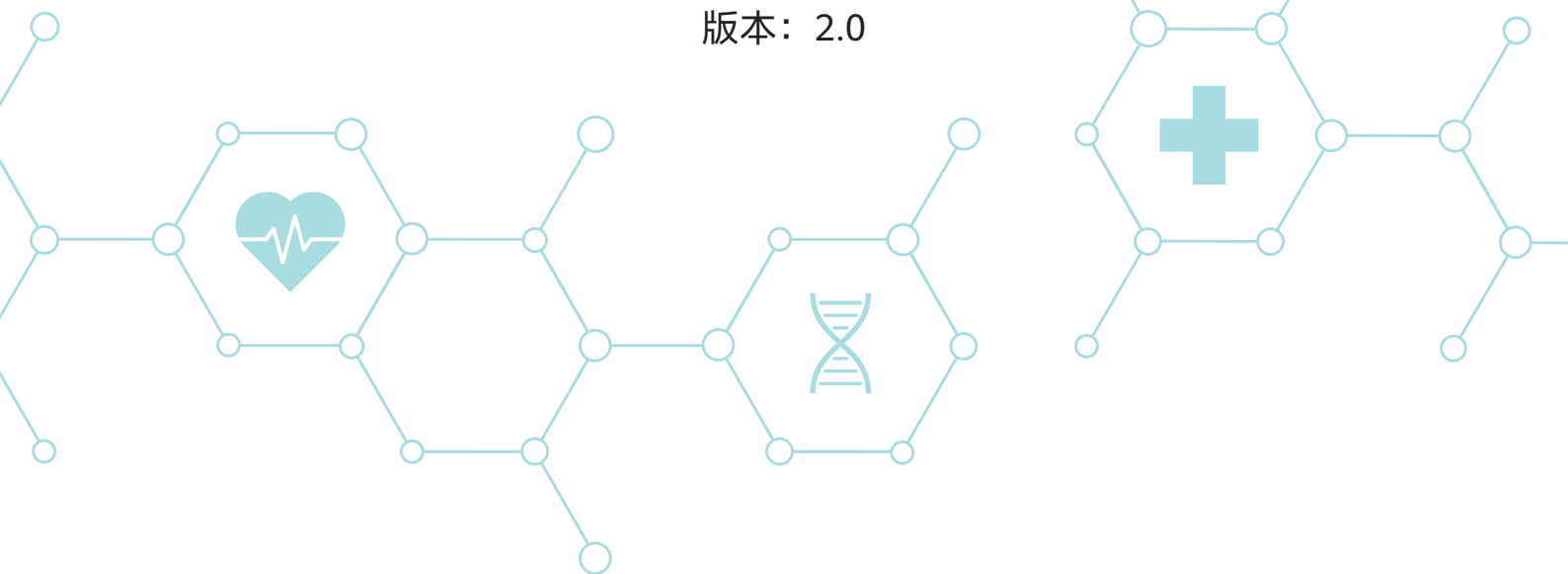


中国医院医疗物联感知网

技术白皮书

版本：2.0



医疗大数据应用技术国家工程研究中心

人工智能医疗器械研究与评价国家药监局重点实验室

华为技术有限公司

中国医学装备协会医院物联网分会

发布日期：2023年3月

版权声明

本白皮书著作权属于医疗大数据应用技术国家工程研究中心、人工智能医疗器械研究与评价国家药品监督管理局重点实验室、华为技术有限公司、中国医学装备协会医院物联网分会共同所有。转载、摘编或以其他方式使用本白皮书的全部或部分内容的，应注明来源，违反上述声明者，著作权方将追究其相关法律责任。



编写说明

本白皮书《中国医院医疗物联感知网技术白皮书 2.0》，是继 2021 年 12 月发布的第一版《中国医院医疗物联感知网技术白皮书》之后的演进升级版本。第一版白皮书发布一年多以来，得到了业内同仁的广泛肯定和支持。很多医院也进行了充分的实践和应用，医疗物联网技术在提高医疗质量、提升医院管理效率、提升患者满意度等方面取得了积极的应用效果，同时结合实践也进一步发展出来更多的创新技术。当前，在《国务院办公厅关于推动公立医院高质量发展的意见》（以下简称《高质量意见》）以及《国家三级公立医院绩效考核操作手册（2023 版）》（以下简称《操作手册（2023 版）》）指引下，医疗物联网技术已被广泛应用于应对常态化疫情、同质化医疗服务、医院精细化运营等方面。本次结合《高质量意见》与《操作手册 2023 版》的要求以及新技术的发展，重新修订并形成该技术白皮书。

当前在医疗物联网的网络建设过程中，面临的挑战依然是碎片化、安全风险大、建设成本高、且缺乏全局和科学的规划等难题，因此，对“医疗物联网”这一智慧医院的重要基础设施没有顶层的规划与设计，导致许多孤岛式的烟囱子系统，碎片化的网络，难以支撑智慧医院的持续演进与发展。本白皮书分析了物联网的建设驱动力，所面临的挑战，以智慧医院为目标提出了建设理念与价值主张，并全面的阐述了建设方案和关键技术，分析了典型应用场景带来的收益效果。以期与医院业界同仁分享研究成果，共谋发展。



主编单位：

医疗大数据应用技术国家工程研究中心
人工智能医疗器械研究与评价国家药监局重点实验室
华为技术有限公司
中国医学装备协会医院物联网分会

参编单位：

中国信息通信研究院
中国通信学会物联网专家委员会
中国电子学会物联网专家委员会
中国研究型医院协会转化医学分会
中国医疗器械有限公司
复旦大学附属中山医院
中山大学附属第一医院
江苏省人民医院
宁夏医科大学总医院
苏州市立医院
皖南医学院第一附属医院
河北医科大学第一医院
河北省儿童医院
安徽医科大学第一附属医院
东软汉枫医疗科技有限公司
万达信息股份有限公司
上海联影医疗科技股份有限公司
苏州麦迪斯顿医疗科技股份有限公司
四川智康科技有限公司

顾问：尹浩

主编：何昆仑

副主编：（按拼音排序）

曹德森、孙建平、朱洪波

参编人员：（按拼音排序）

蔡向峰、陈黎静、杜远舶、冯天宜、黄传娜、何宝宏、黄俊华、韩旭、景慎旗、梁洪、龙华、李曼、李涛、刘为、闵栋、闵寒、马利亚、钱琨、邱德松、乔岫、沈崇德、陶敏、唐立瑶、王晨、吴镒、王萍萍、徐军、张锋、张雷、张瑞、张仕乔、张武军、朱国强、张政波

目录

CONTENTS

目录

1 引言	01
2 医疗物联网建设需求	03
2.1 医疗物联网是国家政策与标准落实必经之路	03
2.2 医疗物联终端爆发式增长亟需物联网承载	06
2.3 医疗大数据需求缺乏安全可靠的联接	08
2.4 先进的 AI+ 医疗应用因缺乏联接而成熟慢、推广慢	08
2.5 医疗数据从人工录入到自动化采集转型	09
2.6 医疗物联网如何支撑三级公立医院绩效提升	10
3 医疗物联网面临的挑战	12
3.1 科学问题	12
3.2 管理问题	13
3.3 技术问题	13
3.4 使用问题	16
4 医疗物联感知网概念与价值主张	17
4.1 医疗物联感知网的概念	17
4.2 医疗物联感知网的建设理念	17
4.3 医疗物联感知网的价值主张	19
5 医疗物联感知网总体架构	22
5.1 医疗物联感知网逻辑架构	22
5.2 医疗物联感知网建设效果	27

6 医疗物联感知网关键技术	29
6.1 Wi-Fi 一网多频 无线融合接入.....	29
6.2 分布式 Wi-Fi 零漫游技术.....	30
6.3 毫米波感知技术	31
6.4 医疗设备无感接入	32
6.5 安全准入与数据溯源.....	33
6.6 双发选收 智能接入.....	34
6.7 SRv6 智能骨干网	35
6.8 边缘智能医疗数据采集网关.....	36
6.9 端到端安全通信	37
6.10 一网可视与智能运维.....	39
7 典型应用	40
7.1 智慧院前急救	40
7.2 智慧门诊	41
7.3 智慧病房	42
7.4 智慧手术室	43
7.5 智慧 ICU.....	45
7.6 重症快反 CCRRT.....	46
7.7 无感监护病房	47
7.8 智慧设备管理.....	48
7.9 固定资产安全管理.....	48
7.10 智慧安全管理.....	50
7.11 智慧运营	50
8 未来展望	51
9 术语 & 缩略语	52
10 参考文献	55

引言



01 引言

人类社会经历了从“农业经济”、“工业经济”到当前以云化、智能化、万物互联为典型特征的“数字经济”发展阶段。而数字经济依赖信息化的发展。信息化从“PC的互联网时代”，“手机的移动互联网时代”，到今天正在迈向的“IoT设备的万物互联时代”。随着云计算、大数据、物联网、第五代移动通信、人工智能的新一代 ICT 技术的发展，万物互联的技术准备度已然成熟并逐步深入到各行各业，驱动着数字化转型，实现无处不在的信息联接，改变我们的生活和生产方式，让我们加速迈向数字社会、智能社会。

行业数字化转型目标: 通过生产业务的“万物感知、万物互联、万物智能”，实现生产要素全面感知, 实时在线, 彻底消除“信息孤岛”和“数据碎片化”，实现数字信息的泛在互联、高效通信，从而驱动产业升级，提高生产效率、降低管理成本、重构商业模式，提升用户体验，开启“数字经济”新时代。



提高服务体验

Real-time, On-demand,
All online, DIY, Social

Source: HUAWEI MI

联接用户



提升运营效率

30% 40x 25%
生产效率提高 质量提升 成本减低

Source: BCG

联接机器



重构商业模式

3.7%
数字化转型带来GDP增长

Source: Accenture (China)

联接新业务

联接创造价值

图 1-1 联接创造价值

纵观医疗行业，人们对健康消费需求不断攀升，新冠疫情爆发进一步加剧了人们对优质医疗服务诉求，即“无地域差别、无时空差别的同质化医疗”。现有的医疗服务模式局限在医院内或局部区域，医疗科研水平提升受限于临床循证数据不够、ICT 技术与科研融合不足的问题而发展缓慢。强烈的医疗供需矛盾促使基于新一代 ICT 技术智慧医疗发展进入快车道。

医疗物联网 (Internet of Medical Things: IoMT) 是通信网络延伸到医疗场景下，通过感知和通信技术，将各类传感器、执行器、基础设施、医疗设备、各类智能化装备与医院信息系统联接在一起，支持医疗服务、医院运营过程中的数据采集、传输、处理、存储和分析应用，从而实现医疗场景中人与物通信、物与物通信的网络。

在智慧医院中，IoMT 实现任何时间、任何地点下，人、机、物等医疗生产要素的互联互通，进行医疗数据的采集、传输、处理以满足医疗智慧化的应用发展。如所有行业的物联网所面临的挑战一样，从互联网到物联网，联接对象从 PC 机/手机，扩大到各种医疗设备和传感器是最大变化，使得原有互联网通信技术无法完全适应，既是障碍与挑战，也是技术更新和产业发展的新机遇。



图 1-2 海量物联终端是互联网演进到物联网的最大变化点

如何解决这些挑战，构建面向未来智慧医院不断迭代和演进，构建起满足实时应用的日常医疗业务的医疗物联网，实现实时、可靠、稳定、安全、可管理可运营物联网系统，是智慧医院发展的重要基础。

本文将着重分析智慧医院建设医疗物联网所面临的挑战，并基于智慧医院发展趋势结合新一代 ICT 技术介绍建设理念，建设框架，关键技术与典型应用场景的应用效果。

医疗物联网建设需求



02

医疗物联网建设需求

2.1 医疗物联网是国家政策与标准落实必经之路

国家将人民健康与经济社会协调发展纳入国家战略，国务院、卫健委推出了系列的政策和举措驱动医疗数字化转型：

- » 2015年7月，国务院《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》，鼓励发展基于互联网的在线医疗、远程服务和跨医院的数据共享。
- » 2016年10月，中共中央、国务院《“健康中国2030”规划纲要》提到完善人口健康信息服务体系建设，推进健康医疗大数据应用。
- » 2017年2月，国家卫生计生委《关于印发“十三五”全国人口健康信息化发展规划的通知》，提出到2020年基本建成健康医疗大数据国家中心及区域中心，100个区域临床医学数据示范中心，基本实现城乡居民拥有规范化的电子健康档案和功能完备的健康卡。
- » 2018年4月，国务院办公厅《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》提出二级以上医院在2020年前普遍提供智能导医、移动支付等线上服务；三级医院在2020年实现院内医疗服务信息互通共享。2018年9月，国家卫生健康委发布《互联网诊疗管理办法（试行）》、《互联网医院管理办法（试行）》及《远程医疗服务管理规范（试行）》，明确互联网医院性质及与实体医疗机构的关系，互联网诊疗活动准入程序和监管，以及互联网医院的法律责任关系。
- » 2019年，国家卫健委明确了智慧医院的概念：“智慧医院是指通过信息技术手段不断提高医院治理水平，形成线上线下一体化的现代医院服务与管理模式，为患者提供更高质量的医疗服务。”



图 2-1 智慧医院的内涵

» 2019年3月，国家卫生健康委办公厅《关于印发医院智慧服务分级评估标准体系（试行）的通知》，提出建立0-5级的医疗机构智慧服务分级评估体系，为智慧医院的建设指明了方向。

物联网应用已成为三甲和三乙医院标配



图 2-2 智慧服务分级评估对物联网的要求

» 2020年，国家卫健委明确了智慧医院的内涵：构建智慧医疗、智慧服务、智慧管理“三位一体”的智慧医院系统，聚焦“智慧医院发展，优质医疗资源共享”，为患者提供更高质量、更高效率、更加安全、更加体贴的医疗服务。对智慧医院运用包含物联网技术在内的云、大、物、智、移技术的应用方向和效果做了进一步的明晰阐述。

医疗物联网建设需求

- » 2021年3月，国家卫生健康委办公厅印发《医院智慧管理分级评估标准体系（试行）》的通知，为指导各地、各医院加强智慧医院建设的顶层设计，充分利用智慧管理工具，提升医院管理精细化、智能化水平，特制定医院智慧管理分级评估标准体系。明确了医院智慧管理是“三位一体”智慧医院建设的重要组成部分，评估面向应用信息化、智能化手段开展管理的医院，并给出了0~5级的评估标准。
- » 2021年9月27日，工业和信息化部、国家卫生健康委员会等八部委联合印发 工信部联科〔2021〕130号《物联网新型基础设施建设三年行动计划（2021-2023年）》的通知。明确提出：物联网是以感知技术和网络通信技术为主要手段，实现人、机、物的泛在连接，提供信息感知、信息传输、信息处理等服务的基础设施。随着经济社会数字化转型和智能升级步伐加快，物联网已经成为新型基础设施的重要组成部分。为贯彻落实《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，打造系统完备、高效实用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系，推进物联网新型基础设施建设，充分发挥物联网在推动数字经济发展、赋能传统产业转型升级方面的重要作用，制定本计划。并提出创新能力有所突破，高端传感器、物联网操作系统、新型短距离通信等关键技术水平和市场竞争力显著提升；物联网与第五代移动通信、人工智能、区块链、大数据、IPv6等技术深度融合应用取得产业化突破；物联网新技术、新产品、新模式不断涌现。通知也明确公共卫生的发展行动，结合重大疫情防控救治、智慧病房、远程会诊等需求，积极推进远程医疗通信网络基础设施升级，推广智能个人定位、生命体征感知等设备，推动建立数字化、网络化、智能化公共卫生应急管理系统。
- » 2021年，国务院办公厅发布《关于推动公立医院高质量发展的意见》，特别指出推动云计算、大数据、物联网、区块链、第五代移动通信（5G）等新一代信息技术与医疗服务深度融合。推进电子病历、智慧服务、智慧管理“三位一体”的智慧医院建设和医院信息标准化建设；同时特别强调大力发展远程医疗和互联网诊疗。同年，国家卫生健康委办公厅发布《关于印发公立医院高质量发展促进行动（2021-2025年）的通知》。通知明确提出，到2025年建成一批发挥示范引领作用的智慧医院，线上线下一体化医疗服务模式形成，医疗服务区域均衡性进一步增强。

这些政策的接续出台为医疗物联网在“国考”背景下持续发展、大力推进指明了方向。当前，医疗物联网作为医院的基础设施已提上各医院的日程。优质的医疗资源在物联网等先进技术的加持下，不仅实现快速演进升级解决更多疑难杂症，更能产生跨越时空的广泛影响力，实现医疗服务模式根本的数字化转型，使得优质的医疗资源得到广泛共享。



2.2 医疗物联终端爆发式增长亟需物联网承载

近年来，随着医疗业务数字化、智慧化的发展，各种新型的医疗物联网终端和传感器越来越多，可用于智慧医院内提高管理效率、降低医护工作量、提高智慧服务水平等。

在医疗设备管理方面，为了提高医疗设备的精细化管理水平，出现了基于 RFID、BLE（蓝牙）、UWB 等各种定位传感器，复合型监测设备开机状态与位置的有源资产标签，精细化监控到超声探头、腔镜等高值耗材的使用次数的标签等；综合各类传感器将可实时感知到医疗设备的位置、是否开机、是否在使用、高值配件使用频次等设备详细的运行与使用信息。

在医疗安全管理方面，国家推行医疗唯一器械标识（Unique Device Identification, UDI）是对医疗器械在全程供应链中的唯一身份标识。通过医疗器械唯一标识建立医疗器械信息化追溯系统，利用 RFID 标签与在线式 RFID 感知网络，可以实现医疗器械不良事件报告、产品召回及追踪追溯等。

在医院后勤的管理方面，视频监控摄像头越来越智能化用于各种复杂人员、物品、事件的识别；门禁、闸机、停车道闸等通行设备都具备了视频识别和视频采集的能力，通过 Wi-Fi 或 Ethernet 联网，就可以精确的识别出人员身份、车辆身份，尤其是黑名单医闹、黄牛等的精准识别，帮助医院实现安全环境保障。同时，通过视频监控、Wi-Fi 定位，可以实时的感知到医院的人流量情况，用于日常快速的调配安保资源以保障就医环境有序进行。

在医疗废弃物管理方面，出现了智能垃圾车、垃圾桶，可实现医疗废弃物处理、转运各个环节的定位、处理轨迹跟踪等有效管理。

在护理服务方面，为了减轻护士工作量，出现的电子体温贴、输液监护传感器、联网血压仪等，可自动、实时、准确的采集到患者的体温、血压 / 心率、输液情况。在特殊的护理辅助场景，也出现了婴儿手环、母亲手环等传感器，可实时感知到婴儿的位置，母婴匹配情况，防止婴儿抱错和新生儿重症监护中心（Neonatal intensive care center, NICU）院感等。

在病房服务方面，出现了护士手环、患者手环、电子床卡、手卫生监控等，与门禁、信息查询屏等相结合，不仅使得医护人员、患者方便的出入、而且可监控重要患者跌倒状态、手卫生情况等，也方便患者可以随时与信息屏互动获取到相应的信息。

在智慧医疗方面，出现了穿戴式的手环、穿戴式的心电监护设备、穿戴式的血压 / 血氧监护设备等，对患者的实时心电、心率、潮气量等生命体征可持续的实时监测采集，用于辅助诊疗、预测预警、康复指导等。同时，大量新型监护仪、血气分析仪等医疗设备开始出现具备 Wi-Fi、Ethernet 等联网功能，支持通过网络获取检查检验数据的能力。

在医疗科研方面，医疗科研仪器和设备自带工作站，通过 Ethernet 联网实现实时海量实验数据的采集与存储。也出现了新型的 Wi-Fi 联网能力的设备如 Wi-Fi 网络型脑电图机、眼球追踪器等，用于医疗科研数据采集。

综上所述，新型医疗物联网终端或传感器不断发展，感知采集医院内多维度各类数据，只有实时在线，数据可靠回传才能保障优质医疗服务持续供应。一张实时、高效、安全、可靠的医疗物联网势在必行。

医疗物联网建设需求

分类	使用场景	用途	通信方式
智慧医疗	远程手术	手术机器人数据采集与远程操控	Ethernet
	远程影像 / AI 影像	影像数据采集	Ethernet、WLAN
	ICU 体征监护	呼吸机、多参监护仪、血液分析仪、尿量等	WLAN、Ethernet
	穿戴式体征监测	体温、血压、心电、血糖、睡眠质量等	BLE、WLAN
	检查检验	病理等检验数据采集	Ethernet、WLAN
	医学科研	成像研究、光谱分析、体外遥测等	Ethernet、WLAN
	重症快反 CCRRT	全院多参数监护仪、呼吸机等采集监测预警	WLAN、Ethernet
	患者无感监测	毫米波感知特需、心内、ICU 等患者摔倒、呼吸、心率监测数据	WLAN
	远程会诊	移动视频会诊推车	WLAN
智慧管理	医疗设备管理	设备定位、器械管理、器械预测性维护、高值耗材管理	125KHz、425/433MHz、860MHz ~ 960MHz、2.4G、
	资产管理	血液管理、贵重资产定位盘点	125KHz、425/433MHz、860MHz ~ 960MHz、2.4G、
	耗材精细化管理	高质耗材柜 /UHF RFID 标签、低值耗材库存领用等	UHF RFID/860MHz ~ 960MHz、
	医疗废弃物管理	定位、轨迹、称重等	125KHz、425/433MHz、2.4G、470M
	药品管理	成本控制需求、溯源需求	WLAN、BLE
	冷链管理	储存温度	WLAN、BLE
	标本送检	标本管理	WLAN、BLE
	手术室管理	手卫生管理	125KHz、425/433MHz、2.4G
	智慧后勤	门禁、闸机、摄像头、智能楼宇照明、空调面板灯	WLAN、Ethernet、POE、PLC
智慧服务	人员管理	护理人员定位、婴儿防盗、老人定位等	125KHz、425/433MHz、2.4G、470M
	报警求助	报警按钮、跌倒感应等	125KHz、425/433MHz、2.4G、470M
	环境监控	PM2.5、温湿度、光照等	ZigBee、2.4G
	院内导航	院内导诊	BLE
	床旁交互	PAD	WLAN
	智能机器人	送药机器人、自动药品分发机器人等	WLAN、Ethernet
	用药与护理	手持 PDA	WLAN
	输液管理	输液监控	425/433MHz、2.4G

表 2-1：医疗物联网终端与通信方式

2.3 医疗大数据需求缺乏安全可靠的联接

医院内每天产生大量的临床检查数据，这些检查数据对于临床诊疗、科研都是宝贵的数据资产，来源于大量的存量检查检验设备。这些设备数量众多，且每天可持续的产生各类医疗流数据，除了少量的指标被记录，大部分数据流失，对临床科研与诊疗来讲，需要全息数据，病种病历足够丰富，各检查专业全面覆盖才能支撑 AI 的辅助诊断与科研。人工智能的基础是大数据，大数据的基础是物联网。由此可见，物联网是智慧医疗的基石。

医院内的临床数据来源主要包括如下几类设备：

- » 大型影像类设备：包括核磁共振（MRI）、计算机 X 线断层扫描（CT）、核医学成像（PET-CT、PET-MR）超声等，这类设备的数据特征为无损医疗影像，时延不敏感的动态大带宽数据。设备联网的影像数据实时回传所需的带宽可达几百兆。
- » 生命体征类设备：包括监护仪、呼吸机、麻醉机、血气分析仪等，这类设备用于实时监测患者的生命体征，数据具有时序性，随时间源源不断产生流式数据，需要时序性采集患者生命体征数据和波形数据。这类设备数据属于动态数据，带宽中等，一般带宽在 10Mbps 以内，具有时延敏感特点。
- » 穿戴类设备：包括动态心电监护背夹、手表、体温贴、血压计、血氧仪、血糖仪等，佩戴在患者身上，进行不间断的患者体征和参数采集，这类设备数据庞大，高频的采集患者生命体征数据并回传，属于动态数据，带宽通常在 1Mbps 以内，时延敏感，丢包敏感，具有移动特点。
- » 辅助服务类设备：包括药品、耗材、贵重资产等管理和定位类传感器设备，这些设备通常数据量不大，高频的小量动态数据，通常也在 K 级带宽需求，时延不太敏感。
- » 智能化设备：主要指智能化设备或机器人，包括作业机器人、自动药品分发机器人、送药机器人等。这些设备需要高可靠性的联接应用系统，实现永远在线的服务。数据多为控制信令和图像信息等，属于动态数据，带宽在 10Mbps 以内，时延敏感，丢包敏感。

这些各种类型的临床数据来自不同设备，数据多为实时动态数据，与原有医疗内网中电子病历信息的静态数据不同。数据的采集和传输会更依赖于高可靠的物联网。

2.4 先进的AI+医疗应用因缺乏联接而成熟慢、推广慢

传统优质医疗服务，依赖医护人员数十年的点滴记录和经验积累。医疗水平提高慢，专家能力复制难，专家服务不能永远在线，造成优质医疗资源紧缺，无法满足广大患者诉求。随着大数据、人工智能的发展，专家经验、疑难杂症诊疗等可以通过多维数据分析建立 AI 算法模型，形成专病智能辅助诊疗服务。医生可快速结合智能辅助诊疗建议给出合适诊疗决策，为患者提供优质高效的专家医疗服务。

AI+ 医疗经过十多年的快速发展，当前在医疗安全、医学影像、辅助诊断、疾病风险预测、健康管理、药物挖掘等诸多领域都已有成熟或推广的应用，国内已经有百余家的 AI 开发厂家。这些智慧应用需要与患者之间建立有效联接，实时采集患者大规模多维原始鲜活数据，驱动着医疗物联网广泛联接，加速使能医疗服务模式转型。

医疗物联网建设需求



图 2-3 AI+ 医疗应用逐渐成熟

2.5 医疗数据从人工录入到自动化采集转型

在智慧医疗场景中，大量医疗物联网仪器和设备未联网。患者部分检验、检查数据靠医护人员手工录入到医院信息系统。人工采集录入效率低、易出错，时效性差，且只能记录抽样的离散数据，患者完整的多维医疗数据没有得到全息记录，造成诊断一半靠分析一半靠经验推测，容易漏诊误诊。同时，这种原始的手工搬运数据的方式，与 AI+ 医疗科研的智能应用算法依赖大量的临床数据才能运转和发展形成对比和矛盾。只有改变这种数据采集方式，自动化全息采集患者数据，才能使 AI+ 医疗快速发展；只有实时数据才能让诊断更加精准和及时。因此，改变传统的医疗数据采集方式，实现医疗数据的自动化采集，为 AI 打开医疗数据的源头。

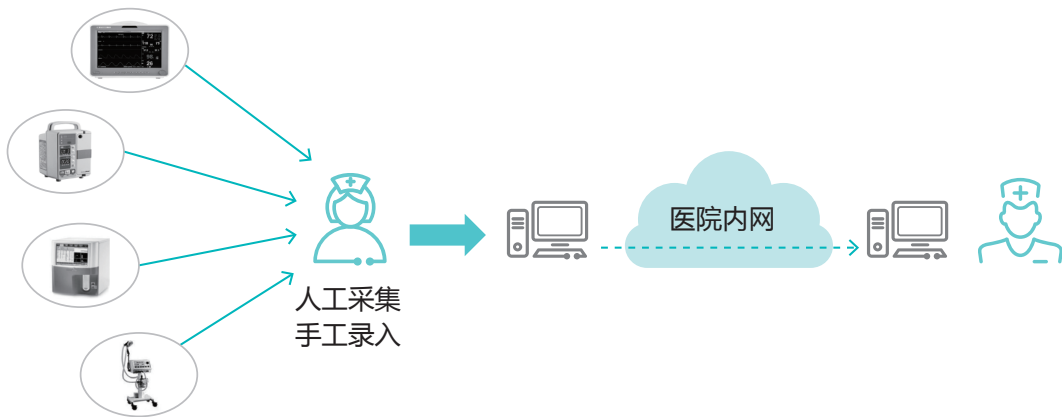


图 2-4 人工采集医疗数据过程

2.6 医疗物联网如何支撑三级公立医院绩效提升

2023年2月27日，国家卫生健康委办公厅关于印发国家三级公立医院绩效考核操作手册（2023版）的通知中发布了《国家三级公立医院绩效考核操作手册（2023版）》。手册中精细化明确了高质量公立医院考核指标体系，包括指标、计算方法、考核导向和意义说明等。考核指标体系中，包含一级指标4个（医疗质量、运营效率、持续发展、满意度）、二级指标14个（功能定位、质量安全、合理用药、服务流程、资源效率、收支结构、费用控制、经济管理、人员结构、人才培养、学科建设、信用建设、患者满意度、医务人员满意度）、三级指标55个（定量50个，定性5个）、新增指标1个。每个指标项是10分，共计560分。

序号	相关指标	指标属性	指标导向
1	门诊入次数与出院入次数比	定量	监测比较
2	下转患者入次数（门急诊、住院）	定量	逐步提高↑
3	日间手术占择期手术比例▲	定量	监测比较
4	出院患者手术占比▲	定量	逐步提高↑
5	出院患者微创手术占比▲	定量	逐步提高↑
6	出院患者四级手术比例▲	定量	逐步提高↑
7	特需医疗服务占比	定量	监测比较
8	手术患者并发症发生率▲	定量	逐步降低↓
9	I类切口手术部位感染率▲	定量	逐步降低↓
10	单病种质量控制▲	定量	监测比较
		定量	逐步降低↓
11	大型医用设备检查阳性率	定量	监测比较
12	大型医用设备维修保养及质量控制管理	定量	监测比较
13	通过国家室间质量评价的临床检验项目数▲	定量	逐步提高↑
14	低风险组病例死亡率▲	定量	逐步降低↓
15	优质护理服务病房覆盖率	定量	逐步提高↑
16	点评处方占处方总数的比例	定量	逐步提高↑
17	抗菌药物使用强度（DDDs）▲	定量	逐步降低↓
18	门诊患者基本药物处方占比	定量	逐步提高↑
19	住院患者基本药物使用率	定量	逐步提高↑
20	基本药物采购品种数占比	定量	逐步提高↑
21	国家组织药品集中采购中标药品使用比例	定量	逐步提高↑
22	门诊患者平均预约诊疗率	定量	逐步提高↑
23	门诊患者预约后平均等待时间	定量	逐步降低↓
24	电子病历应用功能水平分级▲	定量	逐步提高↑
25	每名执业医师日均住院工作负担	定量	监测比较
26	每百张病床药师人数	定量	监测比较
27	门诊收入占医疗收入比例	定量	监测比较
28	门诊收入中来自医保基金的比例	定量	监测比较
29	住院收入占医疗收入比例	定量	监测比较
30	住院收入中来自医保基金的比例	定量	监测比较
31	医疗服务收入（不含药品、耗材、检查检验收入）占医疗收入比例▲	定量	逐步提高↑
32	辅助用药收入占比	定量	监测比较
33	人员支出占业务支出比重▲	定量	逐步提高↑
34	万元收入能耗支出▲	定量	逐步降低↓
35	收支结余▲	定量	监测比较
36	资产负债率▲	定量	监测比较
37	医疗收入增幅	定量	监测比较
38	门诊次均费用增幅▲	定量	逐步降低↓
39	门诊次均药品费用增幅▲	定量	逐步降低↓

医疗物联网建设需求

序号	相关指标	指标属性	指标导向
40	住院次均费用增幅▲	定量	逐步降低↓
41	住院次均药品费用增幅▲	定量	逐步降低↓
42	全面预算管理	定量	逐步完善
43	规范设立总会计师	定量	逐步完善
44	卫生技术人员职称结构	定量	监测比较
45	麻醉、儿科、重症、病理、中医医师占比▲	定量	逐步提高↑
46	医护比▲	定量	监测比较
47	医院接受其他医院（尤其是对口支援医院、医联体内医院）进修并返回原医院独立工作人数占比	定量	逐步提高↑
48	医院住院医师首次参加医师资格考试通过率▲	定量	逐步提高↑
49	医院承担培养医学人才的工作成效	定量	逐步提高↑
50	每百名卫生技术人员科研项目经费▲	定量	逐步提高↑
51	每百名卫生技术人员科研成果转化金额	定量	逐步提高↑
52	公共信用综合评价等级	定量	监测比较
53	门诊患者满意度▲	定量	逐步提高↑
54	住院患者满意度▲	定量	逐步提高↑
55	医务人员满意度▲	定量	逐步提高↑
增 1	重点监控高值医用耗材收入占比	定量	监测比较

表 2-2 三级公立医院绩效考核指标一览表

注：1. 指标中加“▲”的为国家监测指标。

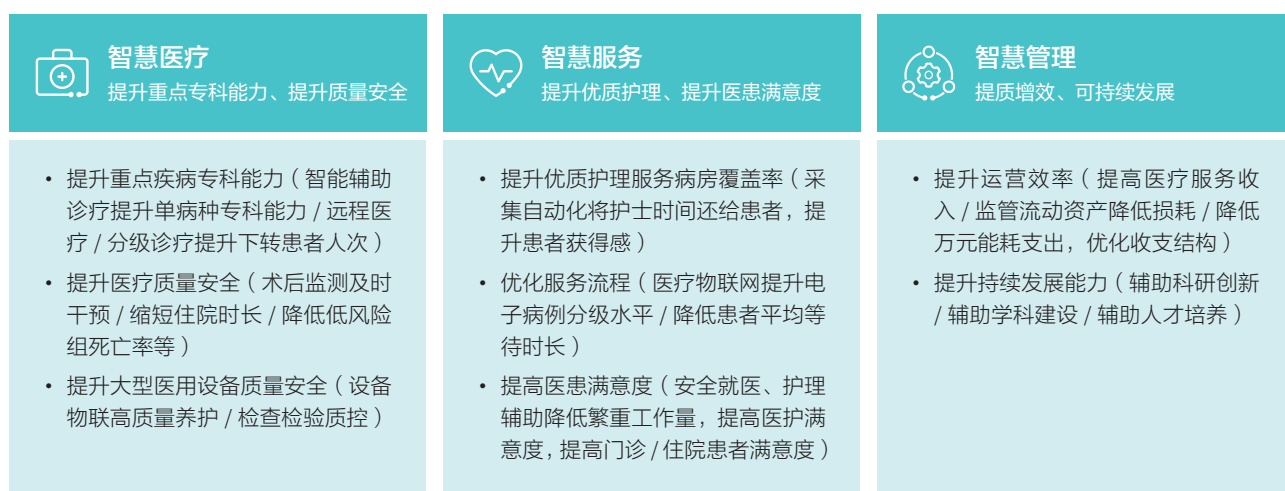
2. 指标导向是指该指标应当发生变化的趋势，供各地结合实际确定指标分值时使用，各地可根据本地实际确定基准值或合理基准区间。

3. 增 1 为落实《国务院办公厅关于印发治理高值医用耗材改革方案的通知（国办发〔2019〕37号）》而增设指标。

根据前序物联网建设需求分析，医疗物联网在智慧医疗、智慧管理、智慧服务方面的应用方面都发挥着积极作用。

医疗物联网是公立医院高质量发展的基础保障，辅助提升“三位一体”高质量智慧医院的 4 大类（医疗质量、运营效率、持续发展、满意度）考核指标。

医疗物联网是公立医院考核绩效提升的保障



在《国家三级公立医院绩效考核操作手册（2023 版）》中，明确了三级公立医院绩效考核指标体系，55 项考核指标中，物联网可辅助 19 项绩效指标的（共 55 项指标）的优化增效。

图 2-5 医疗物联网是公立医院高性能的保障



03

医疗物联网面临的挑战

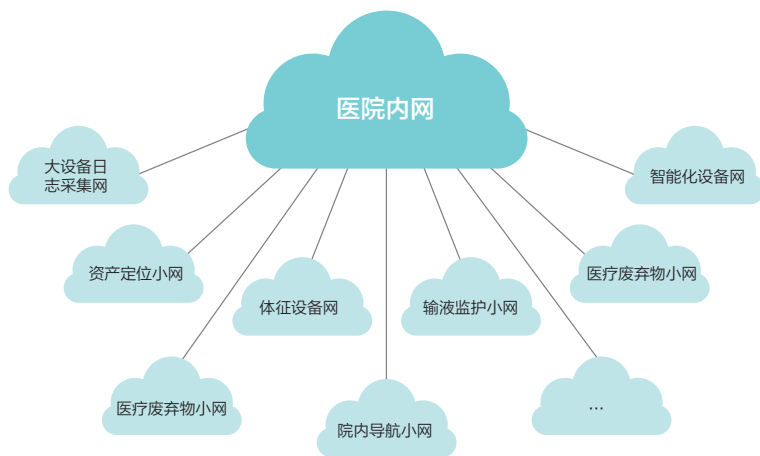
医疗物联网与医学人工智能应用代表智慧医院未来发展趋势，可有效改善患者就医体验，提高医疗服务的同质化和可获得性，促进优质医疗资源前移、下沉和覆盖性，医疗物联网建设是前提。当前医院面临的主要挑战如下。

3.1 科学问题

当前由于对智慧医院、医疗物联网整体技术体系缺乏了解，也缺乏应用场景和成熟的系统性建设模板参考。大多医院对物联网这一智慧医院的重要基础设施没有充分的认识到其重要性，也缺乏科学的顶层规划和设计。

当前医疗物联网主要源于各科室业务驱动，往往由某一业务诉求，在某个区域部署了独立的传感器接到独立的网关，建设了独立的应用。网络没有统一规划，数据没有统一规划，只解决了单点的应用，每个科室独立建设。建立了许多碎片化的网络和信息孤岛，不仅给医院的内网安全带来诸多未知的风险，也导致数据无法互联互通从而给后期 AI 应用带来困难。

医疗物联网是智慧医院的重要基础设施，涉及短距无线通信、通信承载、网络安全、边缘计算、大数据分析 with AI 应用等，是一个复杂的系统。因此需要全局科学规划，面向未来智慧医院演进，整体考量架构、网络、安全、管理等多维度规划，建立全院级的建设蓝图，再结合科室需求分解为不同项目逐步建设，才能承载不断增多的传感器和不断发展创新的 AI 应用，从而借力科技赋能医疗高效持续发展。



无全局规划 孤岛式网络增多

图 3-1 孤岛式的医院网络现状

医疗物联网面临的挑战

3.2 管理问题

医疗物联网涉及端边网云的建设范畴，与传统互联网相比，物联网各层之间无法完全标准化解耦，耦合紧密，因此各层之间紧密配合才能建设好物联网的整体方案和系统。业务特点决定了建设组织的机制。从传统信息化或互联网建设，到物联网建设，一个跨部门融合建设组织是物联网建设基本保障。因此，全院级的医疗物联网建设是“一把手”工程。

在现代医院建设中，由于信息化系统内容主要是 PC 机和信息化软件，联接对象主要是 PC 机和服务器，在医院的建设中只需在智能化弱电系统中考虑了足够的端口，管线基本一次建设就固定了，不影响后续的使用和建设。对医工、信息中心、临床使用是有足够的 TCP/IP 标准支撑，不需要一开始就互相协同。因此在现代医院信息化建设中，往往医工、信息中心、临床科室各自相对独立就能保障业务顺利开展。

而在物联网建设中，只有医工、信息中心、临床科室需要跨科室的协同，才能实现较好的物联网的规划和建设。以临床使用为终而进行联合合作才能保障医疗物联网建设、维护、管理、使用都能顺利开展。因为 IoT 系统是面向应用的万物互联，需要打通医工（设备的 OT）、信息中心（通信网络的 CT）、临床应用（信息化的 IT）三个学科才能良好的支撑智慧医院的数字化转型。

因此只有消除多学科部门之间的壁垒，建立一个多学科融合的组织，才能保障智慧医院医疗物联网系统的扎实落地。

3.3 技术问题

3.3.1 海量医疗终端联网难

医疗物联网最大的挑战是海量的医疗设备联不进网络中来，在医疗设备 / 传感器与网络之间存在巨大的断裂带。

其一：现网的大量的医疗物联网仪器和设备设计之初并没有考虑联网场景，只是作为单一的检查、检验设备使用，这些设备往往都不具备联网能力，而仅仅具备打印接口、调试接口。通常数据的获取方式是由医护人员手工录入到电子病历系统中。这些设备的接口多是不同形式的 RS232 接口。与医院内网的 Ethernet 网络难以直接接入。有些实现方式，通过 RS232 转 RJ45 的转接线方式接入，但是由于 RS232 本身没有安全的网络认证机制，导致如果只进行了二层链路的转换就只能通过较弱的网络安全认证，这种联网方式，就像在内网上打开了许多低安全管控的小门，会给医院内网安全带来巨大的安全风险。

其二：医疗终端和传感器通信方式各异，如有线的 RS232、RS485、RJ45 等，无线的 Wi-Fi、RFID、BLE、Zigbee、LoRa 等；很难通过统一的方式接入网络。而不同的传感器由于场景不同，厂家也多在不同通信基础上自定义了部分通信机制，导致统一接入更加困难，只能通过不同的网关接入，存在不同的蓝牙传感器接不同的蓝牙网关的情况，造成多张小网并存，形成孤岛。



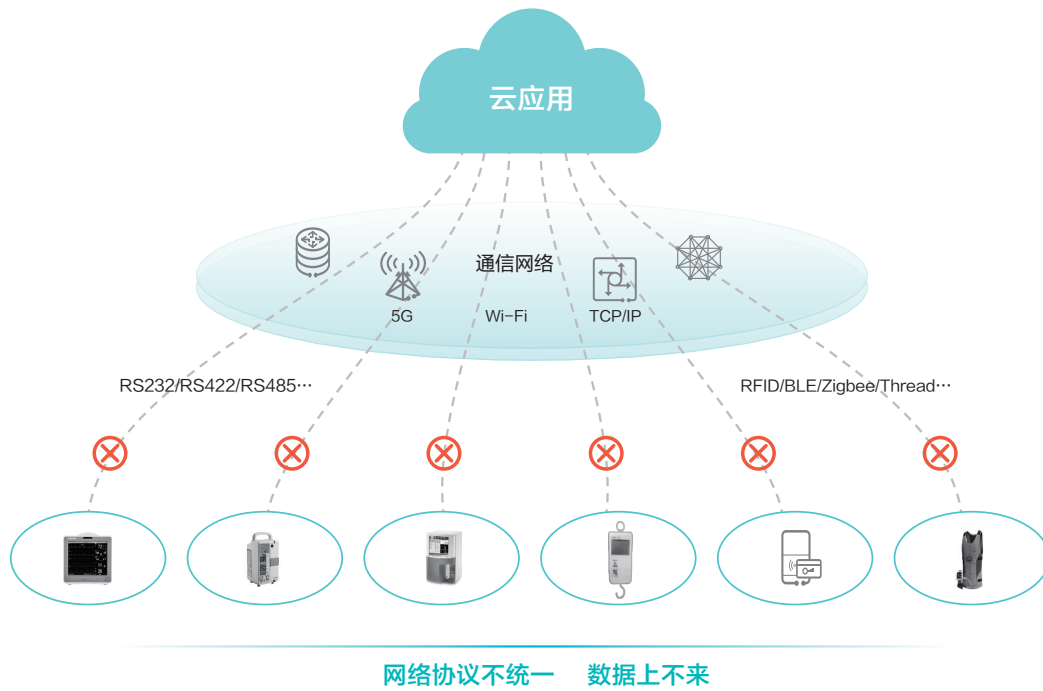


图 3-2 海量医疗终端联网难

3.3.2 医疗设备数据互通难

当前，医疗设备没有统一物联接口标准，每个设备有各自的 API 或者协议接口，如 HL7、迈瑞的 Benelink 私有协议、德尔格 MEDIBUS 私有协议等，故从医疗设备获取数据的接口协议各不相同，七国八制。因此，上层应用需要通过设备厂家的特定接口协议才能与设备交互，才能从设备获取到相应的数据。因为这些非标的接口协议限制，在医疗设备和应用之间树立了一道屏障，使得应用与设备之间难以进行互联互通。同时，从整个医院来看，医疗设备分散在各个病区或诊区，而这些设备的协议接口支持的安全认证能力各不相同，从设备输出的数据流量在没有经过语义解析确认安全的情况下，直接转发到数据中心的应用，也会给整网安全带来风险。

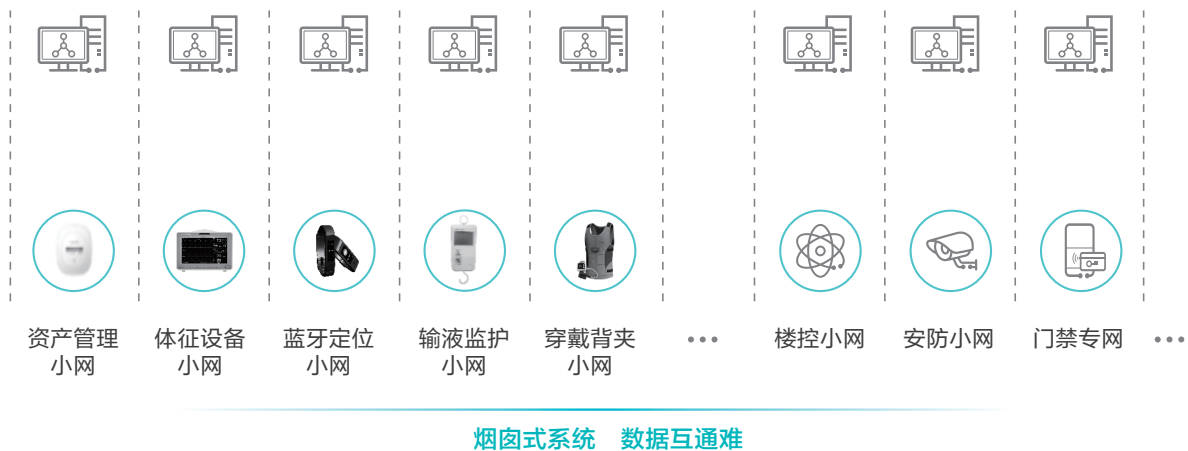


图 3-3 烟囱系统导致设备数据互通难

医疗物联网面临的挑战

3.3.3 设备易掉线业务不稳定

在医疗场景中，大多医疗设备属于共享使用，因此多为移动性场景，各式各样的无线终端或传感器，如穿戴类设备，环境传感器，资产传感器，各类运行监控传感器等，每种传感器都接入私有的小基站。Wi-Fi 网络没有统一的空口网规网优，加之 BLE、RFID、Zigbee、LoRa 等各种射频源无序的建设，导致复杂的射频环境，信号在空间干扰严重，无线网络质量差，各类无线终端或传感器频繁掉线，数据断断续续。此外，物联网终端受成本等约束使得其算力不足而通信能力不健全，对信号强弱和干扰的适应性比较弱，对于存在漫游使用场景的终端，其联网不稳定问题就更突出。上述因素导致实时的医疗数据采集难以保障，让诊断与预测分析等 AI 应用出现业务中断或者误报，难以满足紧张繁忙的医疗业务需求。

另外，在智慧医院场景中，不同的业务紧急程度不同，如手术室、ICU、急诊与普通门诊相比业务优先级更高，医疗设备物联网的数据需要更可靠，更实时的回传，保障生命线的业务不中断，这就需要业务传输的高可靠，网络不中断。而海量的物联网终端的数据接入网络，如何智能的识别业务终端，保障高可靠的接入与回传通道至关重要。



无线网络质量不稳定，数据断断续续，无线终端老掉线

图 3-4 医院无线网络质量不稳定

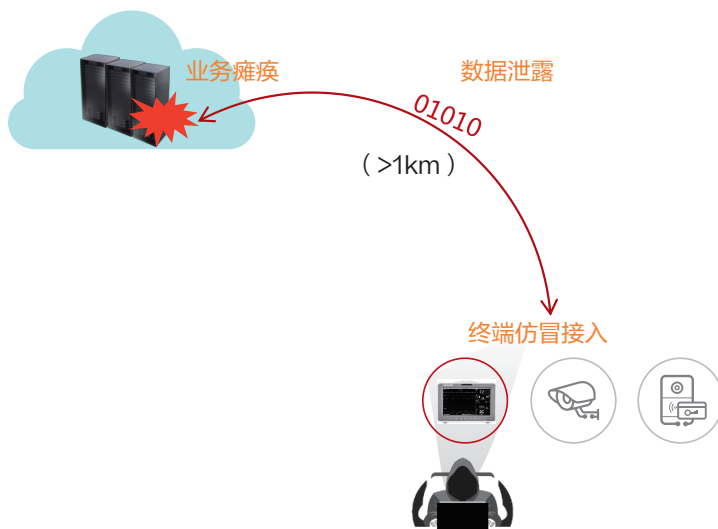
3.3.4 物联网安全威胁难管控

当前，在以工作站或 PC 机为联接对象的医院内网，每台设备具有足够的算力和统一的操作系统环境，可归一化的安装防病毒软件，进行系统加固，并通过人员账号密码进行安全准入管控。且工作站或 PC 机相对固定使用，物理安全有保障。因此整个系统的物理安全环境，以及系统安全环境是相对固定、明确的，因此从安全的边界固定且清晰，主机安全、边界安全等都已成熟的安全防御方案；对信息安全是安全可控的。

而对于医疗设备或物联终端来讲，跟随患者、医护人员、设备等在医院内移动，接入位置不固定，物理边界泛在而随时变化，物理安全管理基本失效（控制特定权限的人在特定的地点使用特定的设备）。同时，物联终端算力较弱，安全防护能力弱；终端数量众多，厂家众多，所使用的系统不尽相同，大多没有账号密码的人员操作界面；整个物联网终端的安全能力非常弱，也难以做到统一要求的安全加固。现有对主机的管理措施用于物联终端无法实施奏效。

因此，物联网终端在大量建设，又没有行之有效的全局管理措施情况下，建的越多对网络和信息安全带来的风险越大。如何对物联网终端进行安全管理，是业务安全、信息安全至关重要的，也是物联网建设中必须全局考虑的首要因素。

联网难问题，根本原因在于物联网终端的没有统一的通信标准。在国家或者行业还没有形成标准化的通信规范之前，解决该问题的关键在于通信网络是否能兼容各类物联网通信方式和协议，解决无线协同可靠联接与网络安全问题。



终端安全能力弱、明文传输，安全风险高

图 3-5 物联网端到端安全风险大

3.4 使用问题

3.4.1 如何解决医护人员使用的易用性？

物联网终端是人与数字世界打交道的媒介，实现人与物联网系统的智能交互。医疗物联终端如输液监护、动态心电、共享的多参监护仪等，这些设备每天都是由医护人员操作使用，传统没有联网时，医护人员只需要按照医疗专业知识使用即可，而如果这些终端实现了联网功能，就需要考虑入网安全、数据是不是回传到了相应的应用端，会涉及到网络配置、通信配置等。而对于医护人员的 IT 专业技术技能是无法满足要求，因此对于物联网终端的使用操作需要设计的非常简单易用。这就提出了：医疗物联网终端或设备联网时，需具备面向医护人员和患者的非常简单、0 学习成本的易用性。

3.4.2 如何保障网络高效便捷的持续运维服务？

在医疗物联网中，物联终端数量越来越多，一旦出现故障，如果没有自动化故障检测和拓扑定位技术，单靠人工排查，工作量大效率低，甚至出现故障后用户无感知，解决故障恢复时间长。所以对于物联终端，提出了管理运维智能化、拓扑呈现、GIS 定位、故障预测的需求，以降低运维管理方面的人力成本，提高运维效率，保障生产网络持续稳定的服务能力。

使用问题需要临床医护人员、维护人员等参与到信息化建设中，以终为始提出使用上的需求和建设，才能让临床和管理应用更高效便捷。

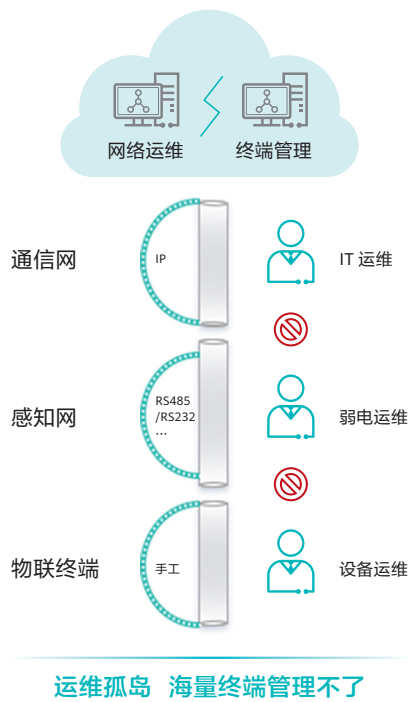


图 3-6 物联网运维割裂



04

医疗物联感知网 概念与价值主张

基于智慧医院的医疗物联网的建设面临的挑战，最大的断点是物联终端到网络的联接：联不上，通不了，不可靠，不安全，不易用，不可维的问题。为了打通这个断点，构建满足“智慧医院稳定运营系统”的物联网，因此提出“医疗物联感知网”的概念，建设理念和价值主张。

4.1 医疗物联感知网的概念

医疗物联感知网：利用融合的智能 IP 技术、无线通信技术、短距通信技术、IPv6+ 技术等，将通信网络进一步延伸到物联接入网关与医疗物联终端之间，面向医疗场景构建的医疗极简物联网解决方案，实现医疗设备 / 传感器的无线融合接入、随时在线、可靠的通信、安全可管，从而支撑医疗数据全面、全息的采集与传输，建立起智慧医院的基石。

4.2 医疗物联感知网的建设理念

面向“Fast AI”统一规划医疗物联网

医疗物联网是未来智慧医院发展的基石，是人工智能爆发生长的重要基础。面向“Fast AI”构建医疗物联网，为 AI 算法提供实时的全息临床数据流支撑，让 AI 算法得以进行大量的医疗数据训练实现快速的迭代升级，让人工智能算法快速成熟，从而实现更精准的医疗辅助诊疗能力。

基于物联网高频“流数据”对时延、丢包敏感的要求，需要独立规划建设网络平面，保障不同类型医疗业务高质量开展。数据在哪里需要，就让数据高效、实时、可靠、安全的流转到哪里，从而产生生产力，带来效率、质量的提升。而碎片化、烟囱的物联网，将造成信息孤岛，阻碍数据高效快速的流动，使得 AI 只能是一种低效的 AI，产生不了生产力。只有构建可靠稳定、可运营、可管理的物联网基础，才能支撑数据高效的流动，让鲜活的临床数据流向 AI 算法，从而实现人工智能的爆发式生长，提升医疗水平和科研水平。



面向未来建设富有“弹性”的无线融合网络

在智慧医院场景中，医疗设备和传感器逐渐增加，未来医院各项医疗工作开展预计都有物联网终端的影子，因此对于建设医疗物联网基础支撑设施需要面向未来的发展考虑。其次，在医院场景中，患者需要流动性检查、设备需要共享性使用、环境需要无死角清理消毒等都需要移动性的支撑，因此未来物联网终端参与这些医疗服务必然是无线化方向发展，满足院内的各种移动场景使用需求。因此，在智慧医院中，首选是无线化的医疗物联感知网建设，实现终端无处不在的动态无感接入，在院内需建设有不间断的连续覆盖无线网，经过统一无线网规网优，利用先进的无线抗干扰技术，实现院内安全、可靠的无线物联覆盖网络。

基于“零信任”架构，确保物联网安全

由于物联网终端安全弱、难管控的特点，终端安全防护能力弱，具备移动性，使用场景中频繁上下线，通信方式短时间内难以统一等使得物联网终端的安全难以管控。在医院中物联网终端的数量（包括医疗设备、各种传感器）是PC机、工作站的数倍，大型三甲医院可达十几万的终端数量。对物联网终端的安全管控原则，应采用“零信任”原则，建设独立的网络平面，并加强终端准入管控，智能识别终端的流量行为，对异常终端能联动网络管控，及时控制风险和影响。

采用新一代ICT技术，确保技术先进性

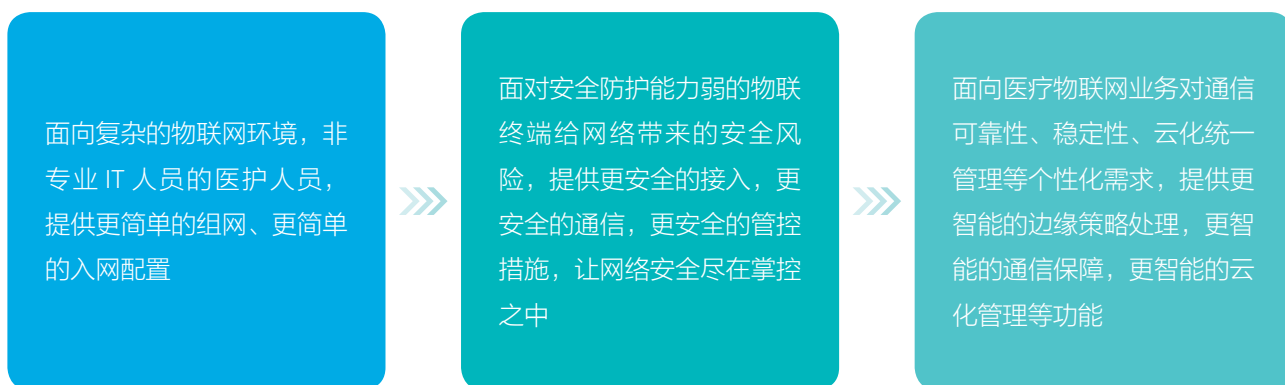
医疗物联网是未来智慧医院的基础，将成为智慧医院新一代的运营支撑系统，承载医院的运营要素、医疗要素实现医疗服务的转型。因此当前规划医疗物联网需确保技术先进性和业务演进需求。为满足未来几年流数据应用爆发增长，这张基础网络需要提前考虑，考虑支持SDN、SRv6、Wi-Fi 6/Wi-Fi 7、基于时延选路、智能运维等先进组网技术，支持基于带宽资源及低时延需求的灵活调度，高可靠性需求业务的有效保障，快速的故障定位与运维能力等。

医疗物联感知网概念与价值主张

4.3 医疗物联感知网的价值主张

基于以上分析，医疗物联感知网，面向未来智慧医院的演进，统一规划一张更简单、更安全、更智能的全无线、高可靠、大带宽的物联感知网，让医疗设备“流数据”高速流动，释放临床数据生产力。

在解决当前医疗物联网中面临的一系列挑战中，使用智能 IP 网络打造的极简物联网解决方案。价值主张为：



4.3.1 更简单

更简单就是让医疗物联网终端联网无线化、入网免配置，让医护人员使用 0 障碍。

由于网络接入方式各异，有线的 RS232、RS485、RJ45 等，无线的 Wi-Fi、RFID、BLE、Zigbee、LoRa 等，造成联接困难、网络部署复杂，碎片化小网重复建设；医护人员使用复杂。为此，医疗物联感知网构建全无线融合、无感接入的关键能力：

无线融合：面向众多物联终端 / 哑终端，基于 Wi-Fi 6/Wi-Fi 7 融合多种射频实现全场景的无线覆盖，在医院内形成一张无线化连续覆盖的极简网络，接入医疗场景下各类医疗设备和传感器。

无感接入：面向医护人员使用，他们是非专业的 IT 人员，且日常的工作量已经非常繁重。需要考虑基于无线网络对终端识别，终端感知，实现免配置（SSID、IP、ID 或口令等）联网，所有医疗设备入网，即插即用，使得医护人员 0 障碍的操作。

4.3.2 更安全

更安全是指相较于当前物联网无整体安全考虑的现状，采用更有效的安全手段，保障物联网安全，消除给网络带来的安全隐患。这里包含几层安全涵义：

- » 接入安全：杜绝终端被仿冒和劫持，以免造成机密数据泄露或业务瘫痪；
- » 通信安全：各类物联终端在网络中存在大量的通信数据，这些数据一旦被截获和窃听，同样会造成信息泄露或信息篡改；
- » 对于潜在的安全风险和已发生的安全攻击，能够及时感知，快速识别，并阻断安全威胁。



为此，医疗物联感知网构建安全接入、安全通信、安全管控这三个关键能力：

安全接入：面对传感器 / 嵌入式哑终端、智能终端等实现差异化的安全接入管控方式：对智能终端实施强安全要求，基于安全 SDK（Software Development Kits，软件开发套件）实现安全二次认证才可获得网络权限；对传感器、嵌入式哑终端无法预置安全 SDK 的终端，基于网络的终端指纹识别技术结合业务管理员审核来实现准入管控，其中基于 SDK 的安全二次认证，包括：首次认证基于网络设备自动识别终端身份的认证，通过后仅能获得申请证书权限；正式入网需持证书再次做入网申请，才能获得正式权限，从而避免终端仿冒。同时在结合医疗行业特点需数据溯源到患者的需求，可在接入侧设备交互中开放数据标识能力用于携带患者标识，实现数据从源头可追溯的需求。

安全通信：由于物联终端的数据明文传输所存在的各种问题，如数据被窃取或被篡改导致信息泄露、利用历史数据进行重放攻击导致业务异常或瘫痪等，边缘网关设备提供多种数据加密传输手段：在无线接入采用加密无线通信手段，实现安全的无线接入；所有数据经过边缘网关后，流量终结，由网关代理与后端平台进行通信。网关与平台之间通信，在网络层基于 IPsec VPN 加密传输，在业务层 MQTT、HTTP 等基于 TLS/DTLS 加密传输，以实现物联终端数据安全的回传到上层应用，避免数据被窃取或被篡改。做到接入、网关、回传端到端的安全。同时面向医疗院内移动的使用场景，实现业务随行，安全能力不变。

安全管控：在日常运营中整网的安全态势实时感知与及时处理尤为重要。安全管控基于安全态势感知系统 HiSec Insight 和安全设备，实现对物联感知网的异常流量和恶意威胁进行实时在线分析，并可联动网络设备阻断恶意流量或对终端隔离下线，从而实现整网业务的安全保障。

医疗物联感知网概念与价值主张

4.3.3 更智能

旨在基于网络对各类医疗设备或传感器进行智能识别，并提供智能的通信保障与智能的故障定位；同时面向各类医疗设备接入网络不能互联互通，提供智能的数据采集和转换，完成设备与应用之间的互联互通，其中涉及如下内涵：

- » 在网络边缘侧部署医疗边缘数采网关处理与不同医疗设备的协议通信并完成数据采集与转换；
- » 网络设备与医疗物联终端之间建立智能的通信通道，并可感知设备类型，提供智能化网络策略对通信实现可靠保障；
- » 网络管理平台能够智能的对网络中故障进行自动识别，自动定界定位。从而达到快速业务发放、网络自适应承载、智能化运维的目的。

为此，医疗物联感知网构建边缘智能、智能通信、智能运维三个关键能力：

边缘智能：面向“七国八制”的医疗设备协议，基于边缘网关设备，对接入的物联设备协议进行转换，实现从多源异构的“设备原始数据”到归一化的“应用系统的结构化数据”的协议转换，统一为标准的医疗结构化数据，从源头实现数据归一化，实现医疗设备与医疗应用的互通。同时，边缘网关支持智能化的识别各类医疗设备协议的能力，支持按需插件化部署驱动，从而实现医疗设备的快速的数据采集。

智能通信：包括智能接收与智能回传，其中智能接收主要在物联终端接入网络中，高可靠性要求终端与网关之间建立智能的通信通道，保障高可靠低时延的数据采集。同时智能的识别终端类型、业务类型从而提供差异化接入 SLA 保障。智能回传是指网络智能的分析业务类型结合网络回传链路情况实现智能的选路，从而为不同种类的业务提供良好的网络传输保障。

智能运维：面向医疗物联网终端、网络设备割裂管理，基于网络接入设备对物联终端的感知能力，实现一网到底的可视化呈现，实现网络与物联终端的统一拓扑，联接状态的管理（包括：位置、状态、协议、流量、网络质量）。基于网络设备端口及链路感知能力，智能终端识别能力，空口分析能力等实现对物联网的智能的故障分析与运维，实现故障快速定界定位，支持定界到应用 / 网络 / 终端问题，定位到具体设备的联接端口，从而保障业务连续性，使得需要数天的排障达到分钟级排障。





05

医疗物联感知网 总体架构

5.1 医疗物联感知网逻辑架构

医疗物联感知网总体架构，通过统一顶层设计、统一网络规划，实现纵向应用与物联终端解耦，数据从源头统一标准，具备任一层（端 / 边 / 网 / 云）独立弹性扩容的能力。智慧医院物联感知网架构，可支持物联终端弹性插拔式的接入，业务应用弹性扩展，并提高物联网安全和网络联接可靠性的能力，实现数字信息的泛在互联，高效通信。

医疗物联感知网总体架构如上图所示，由端、边、网、云四层组成，以下分别介绍每一层的功能及其关键技术：

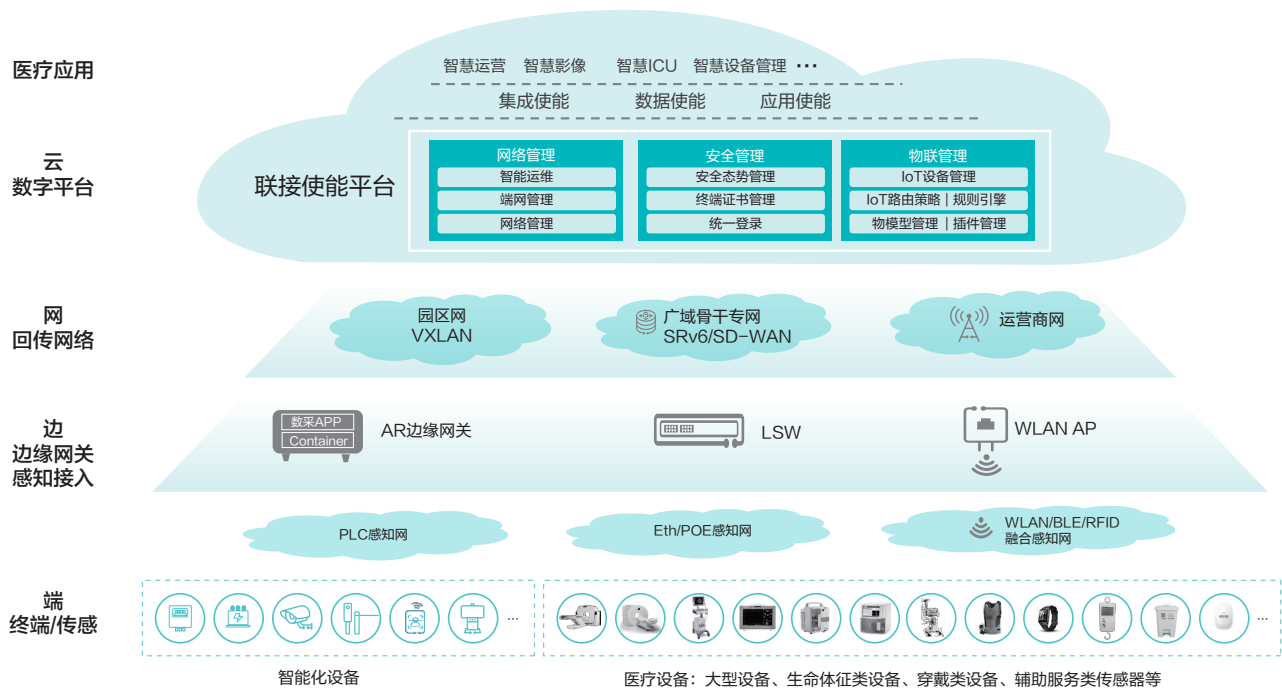


图 5-1 医疗物联感知网逻辑架构

医疗物联感知网总体架构

物联终端层

物联终端层是医疗物联感知网络的“末端传感”，联接着物理世界和数字世界。从应用场景上主要分为：智慧管理类的后勤物联终端、智慧医疗类医疗设备终端、智慧服务类的穿戴式终端和传感器。这些终端部署在不同的网络环境中，有室内也有室外，有固定的也有移动的，根据场景不同需要选择合适的网络联接方式。这些物联终端的算力有限，缺少人机交互维护界面，安全防护能力较弱，大多是非 IP 化接口，导致组网复杂，配置入网复杂。为了解决这些问题，提供联接能力给生态终端，实现标准化联接与安全接入，对终端入网实现以下能力：

- » **联接 IP 化**：实现物联终端无线化、少线化和数字化通信。针对现网环境中模拟传感器的线缆数量众多、故障排查困难等问题，采用物联终端 IP 化改造，网络联接无线化、少线化的方案。
- » **终端安全**：面向海量终端的安全身份识别与网络接入需求，物联终端需具备 802.1x 认证、基于证书安全入网等特性，在源头管理物联网安全。
- » **终端电子身份**：为了实现医疗设备自动识别与接入，终端需能提供设备的电子身份。

边缘网关和感知接入层

边缘网关和感知接入层是医疗物联网络的“神经末梢”，在整个物联感知网中，感知接入层是决定整个解决方案易用性的关键一层，向下联接医疗设备进行智能交互，向上联接 CT 网络（支持 IT 应用数据通信网络）。设备的智能交互需求低时延和可靠性；CT 网络需求安全、可运维可管理；IT 的需求通过 CT 网络与医疗设备实现智能交互。边缘网关是需求的交汇节点。



基于医疗的场景需求，实现通信的联接简化、可靠通信、异构设备的数据采集，需要具备以下关键技术：

» **全 IP 化的组网、全无线化融合：**

全 IP 化组网：在智慧医院后勤等场景中，长距离的传感器联接与管理，可采用长距离宽带 PLC(1km, >1Mbps)组网技术，应用于强电网络、总线型网络的终端 IP 化接入，有电就有网。视频类终端的联网中，需要长距离大带宽组网能力：可采用 ETH/PoE 组网技术，满足 1000Mbps 以上带宽接入，用于固定 ETH 网络可获得的物联网终端接入，其中 PoE++ 支持 200m 远距离供电，实现一根线解决视频监控等大带宽与供电场景。

全无线融合：基于临床医疗物联网弹性发展、移动共享、便于消毒等需求，在临床医疗物联网中，建议采用 WLAN 融合 RFID、BLE 等多种无线感知接入方式的无线网络技术，实现一张无线网连续的覆盖全院，为智慧医院内各类物联终端提供融合的无线化接入能力，并统一网规统一管理各类设备，保障物联终端的可靠接入。

- » **即插即用：**基于边缘网关的自动发现与终端识别，实现一插入网、安全接入的功能，从而实现终端的安全无感接入。
- » **可靠通信：**基于边缘网关的智能通信机制、终端识别技术，基于设备类型、业务类型为终端提供智能通信保障，从而实现按需的 SLA 服务，保障重要业务稳定可靠；并对回传数据提供 IPsec VPN、MQTT over TLS 等安全通信功能，保障数据的隐私性、完整性。
- » **边缘智能：**基于边缘网关内置的医疗数据采集软件实现“设备指令”到“医疗信息物模型”的转换，从而让医疗设备与应用之间互通更简单高效。

回传网络层

回传网络是物联感知网络的“神经网络”，主要是保障物联数据高效，可靠，安全的传输。面向智慧医院的发展，现代医院的内网模型是无法匹配的，需要规划建立独立的物联感知网平面。可采用 VXLAN 技术实现一网多业务承载，对不同的业务划分不同的虚拟子网保障业务隔离安全可靠。对于跨医院之间的广域回传网可采用 SD-WAN 优化投资性价比，实现对重要业务通过专网传输，对非重要业务可通过公网回传。主要采用以下关键技术：

- » **园区网 VXLAN 多网融合技术：**基于 VXLAN 技术实现物联业务和其他业务网络隔离，同时共享一张物理网络，避免重复建网，实现智能高效建网。
- » **SD WAN 智能选路技术：**通过对流量进行分类、识别关键应用，同时通过 IP FPM 检测链路质量探测，并依据链路检测结果来设定流量的转发路径，最终实现基于应用的智能选路，保障业务不中断，稳定可靠体验。
- » **物联网安全保护：**物联网终端或设备采用的应用层协议有 MQTT/CoAP/HTTPS 等，这类协议在网络中传输，由于协议不尽完善，存在异常流量或者畸形报文攻击，会带来对物联网整网的 DDoS 等安全威胁，在回传网络和平台层边界需部署安全的防火墙，实现对 MQTT/CoAP/HTTPS 的物联协议识别，流量异常识别，畸形报文防护等，对 TLS/DTLS 加密流量同样具备防护能力。
- » **物联协议加密保护：**支持物联协议的安全加密，如 CoAP over DTLS、MQTT over TLS 加密。同时支持全量数据在网络中的加密保护，如 CAPWAP 加密，MACsec、IPsec 等。
- » **SRv6 智能路由技术：**医院自建广域网络的场景中，不同分支之间存在数据业务、视频业务、物联业务，其中物联业务对丢包和时延较为敏感。若没有很好的保障手段，会带来业务体验较差，不实时的问题。而 SRv6 技术可以应用在医院分支路由之间，基于物联应用 APPID 实现最优的分支到云的路由路径和虚拟网络。从而达到边端数据与云之间无缝的互联互通。

医疗物联感知网总体架构



云平台层 - 联接使能平台

联接使能平台层是整张物联感知网络的“神经中枢”，实现网络管理、安全管理、物联管理三大基本功能。管理整张物联感知网，实现数据流量从终端到应用的按需流动，并提供开放和标准化的数据与接口。屏蔽南向物联网的接入、协议、设备的复杂性；实现一网到底管理、运维、安全管控；并开放接口，让北向应用可方便的对接获取网络采集的医疗设备数据。

关键功能如下：

网络管理：主要包括智能运维、端网管理、网络管理等几大特性。

- » 智能运维，面向海量的物联终端业务故障，提供智能化的运维工具，对业务故障进行精准定界定位（应用问题 / 网络问题 / 终端问题），包括网络侧还是终端侧的故障定界，故障发生的端口定位。通过 AI 算法大数据分析对物联网络进行故障感知与根因分析，自动修正，最终形成调优闭环。
- » 端网管理，基于网络设备的感知终端身份与联接发现能力，实现对网络网元、边缘网关节点、物联终端进行全网管理，包括设备资产信息以及拓扑、联接状态的管理。物联终端可呈现信息包括业务类别、厂家、型号、终端身份信息等，拓扑信息包括网络与物联终端的联接关系、联接状态（包括：位置、状态、协议、流量、质量）等。从而实现对全网的设备状态的实时掌握。
- » 网络管理，主要实现对网络设备和终端即插即用开局、业务随行和按需调度的业务网络策略下发，和运维保障等功能，从而让网络管理更简单。

安全管理主要包括：安全态势管理、终端证书管理、统一登录三大特性。

- » **安全态势管理**：主要实现对全网安全威胁和异常网络流量的分析与监控，对威胁及时进行干预或者阻断隔离，从而保障整网的安全环境。
- » **终端证书管理**：与网络管理联动主要实现对物联网终端证书的发放、证书生命周期管理（发放、吊销、过期等）等功能，是安全接入功能的后台支撑系统。保障海量物联终端的安全接入。
- » **统一登录**：为联接使能平台各组件之间提供统一登录服务。

物联管理主要包括：医疗终端 / 设备管理、数据转发策略管理、物模型管理和设备驱动插件管理等功能特性。物联管理可以管理边缘网关、物联终端、设备影子数据，其中设备影子数据可对应用层开放，同时提供数据转发的策略引擎，支持无码化的策略编排，可通过平台下发设备驱动插件到边缘网关，实现对新增设备数据采集的标准化。

应用层

联接使能平台具备开放的北向接口，供各类物联应用对接和调用。通过联接使能平台，应用无需关心物联终端怎么联接，什么协议等，只需从联接使能平台获取相关设备数据或者运维所需的数据，即可实现全网管理与医疗应用业务。终端无需关心数据回传到应用的网络怎么打通、如何建立握手等问题，只需接入边缘物联网关，即可实现数据一跳入云与应用互通。

可基于联接平台建立智慧医院智能运营中心，不仅管理整网的业务态势，也管理整网的网络态势与安全态势，通过对接联接使能平台，即可获取南向物联网的所有数据、网络、安全管理所需的数据和信息。



医疗物联感知网总体架构

5.2 医疗物联感知网建设效果



基于医疗物联感知网的总体架构，使能现代医院向智慧医院演进，为智慧医院发展打好坚实基础。

基于医疗物联感知网进行统一规划建设将 Wi-Fi、蓝牙、RFID、有线等多张孤岛网络融合为一张网，使得医院重复建网降低 80%，通过统一安全接入规范和安全管控措施，实现安全管理无盲区，并基于统一的无线网规网优和边端通信关键技术实现高可靠的无线联接，最终实现医疗设备自动联网、自动采集，使得医护工作者设备数据采集工作量下降 90% 以上，支撑实时 AI 辅助诊疗，无处不在的患者实时服务，实时可管可控的医院管理。

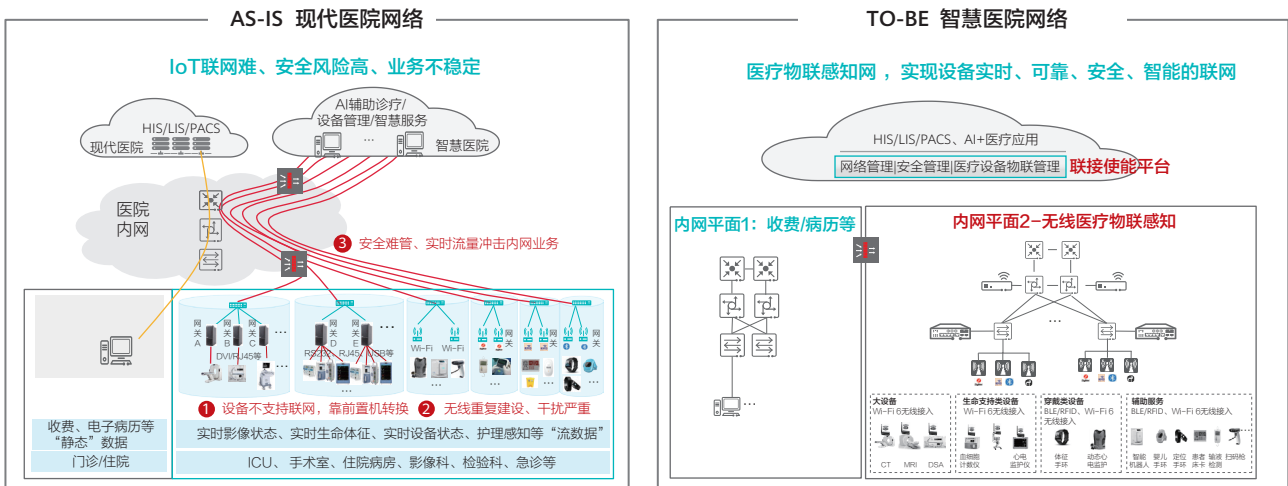


图 5-2 智慧医院无线物联感知网

对于集团型医院或区域医疗中心，在依托中心院建设智慧医院医疗云的同时，各院之间可建立一张独立的骨干专网，实现各类医疗机构的网络泛在接入。业务在云端快速开通；通过网络切片等技术为远程业务提供网路独享体验；在云端提供专业级网络管理和运维服务；从云到端，实现端到端一体安全。全域智安全，网络部署更合规，实现内生安全，提升医院数字平台网络韧性；终端零信任接入，保障医院数字资产访问安全；云网安一体，云内云外威胁分享，无论医院内网还是云上一体资源态势感知，网络攻击不入院。

医疗物联感知网总体架构

为了确保边界清晰，对于改造网络，可优先考虑独立建设一张骨干物联专网，医疗物联网和医疗门诊住院等内网之间物理隔离，业务互不影响。物联骨干网具备灵活进入能力，各医疗机构按需接入，不影响已接入业务。为满足未来几年流数据应用爆发增长，基础网络需要提前考虑，考虑支持 SDN、SRv6 等先进组网技术，支持基于带宽资源及低时延需求的灵活调度。为保证业务系统的安全性、稳定性，采用双设备、双链路接入，构建健壮网络架构，提升网络承载能力。为了运维便捷高效，整网需具备快速部署和故障定位的能力，保障业务的快速开通及智能运维。提高运维效率，降低人员技能要求。

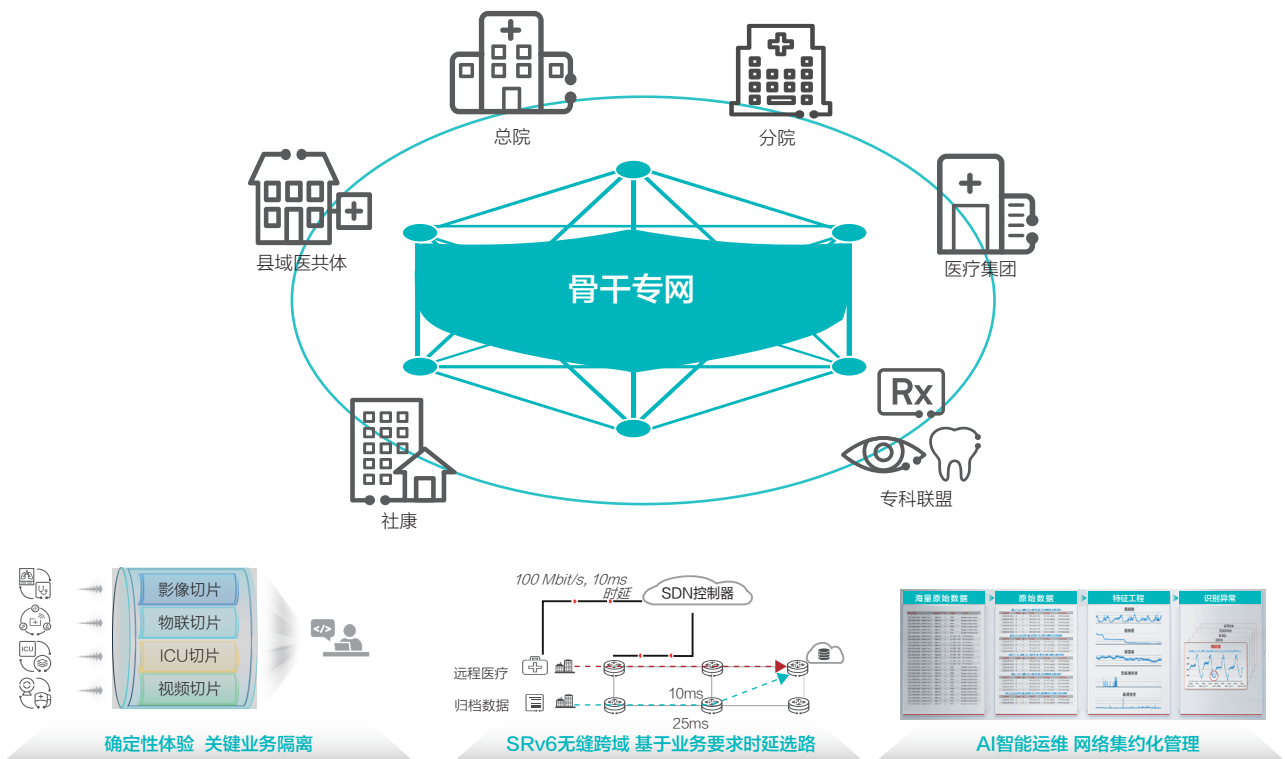


图 5-3 智慧医院物联骨干专网



06

医疗物联感知网 关键技术

医疗物联网的建设关键断点还是在海量物联感知终端与通信网络的之间的技术断点。工信部《在物联网新型基础设施建设三年行动计划（2021—2023年）》中提到：物联网是以感知技术和网络通信技术为主要手段，同时也明确了围绕短距通信技术、IPv6、感知技术等实现创新技术突破。以下介绍在医疗物联网中感知网的关键技术突破。

6.1 Wi-Fi一网多频 无线融合接入

在智慧医院场景中，存在大量的医疗设备，这些医疗设备联网采用了七国八制的通信与联接方式：如生命体征类设备（如监护仪、呼吸机等）接口为RS232、RJ45等；穿戴式医疗设备（动态心电监护、手环）有蓝牙、Wi-Fi等；辅助医疗类传感器（输液监护、资产管理标签等）采用蓝牙、RFID等。

各类传感器厂家提供了各自的接入网关，进行有线或无线接入，导致医院网络复杂，医护人员使用复杂。面向智慧医院的建设，以及未来通信技术的演进，建议采用先进的Wi-Fi 6/Wi-Fi 7无线技术融合多种设备协议，进行一张网的统一规划建设；实现全场景的物联接入。

如图所示，是基于Wi-Fi 6/Wi-Fi 7AP与IoT多协议射频融合，实现了ALL-in-One无线站点，对医院只需一次建网，即可以实现院内物联全场景的医疗终端的无线化接入。

对于现网大多医疗设备，不具备联网能力，但往往具备RS232调试串口，是可通过Wi-Fi 6/Wi-Fi 7 CPE，将RS232转Wi-Fi 6/Wi-Fi 7，实现有线设备“剪辫子”，方便医疗设备移动共享；另外，新型的医疗设备当前正在向Wi-Fi联网能力演进。

对于不断增多的穿戴类设备，以及医疗辅助服务的传感器可通过统一的无线接入网关，一站式实现医疗设备、移动监护、物资管理、护理辅助全场景接入。同时，统一的无线接入网关，具备协同多个频段之间工作的能力，空口支持干扰避免，保障每个传感器都能可靠的通信。

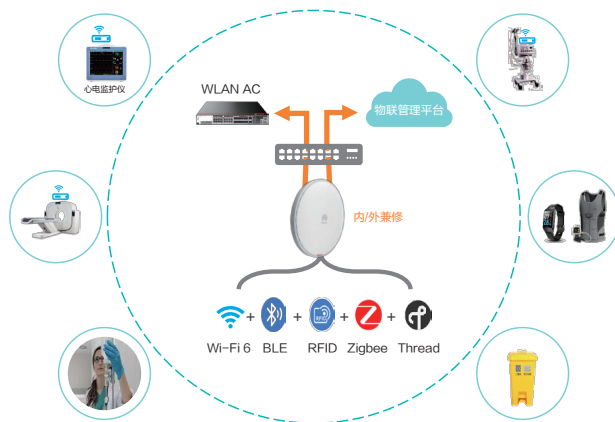


图 6-1 Wi-Fi 一网承载示意图

6.2 分布式Wi-Fi零漫游技术

医疗物联网终端生态多样，这些物联网终端由于成本约束往往选择比较低算力的芯片，从无线通信协议上只满足基本的联网功能，高阶可靠通信特性往往不具备。这种弱通信能力的物联网终端，在无线网络信号受干扰、移动漫游中会因为无法适应通信信号的变化而导致无线通信不稳定甚至信号中断。典型应用如：医院移动护理场景中医护移动终端 PDA，在无线网络信号受干扰、数据漫游易中断引起的 Wi-Fi 连接中断，需要反复输入用户名密码登录重连等问题，导致应用体验很差，影响顺畅的开展查房工作。为了解决这个问题，需要保证在终端漫游区域内保持同一个连接不切换，这样就规避了这些弱终端的联网体验差的问题。

同时，在医院场景下，为满足医护人员和患者的多种不同业务的需求，需要考虑满足互联网的大流量（抖音等音视频流）并发访问，以及内网的查房数据流量（电子病例 / 影像等）和多并发的异构物联网通信流量（体征监测数据采集 / 资产定位等）的网络支撑，并保证网络安全隔离。

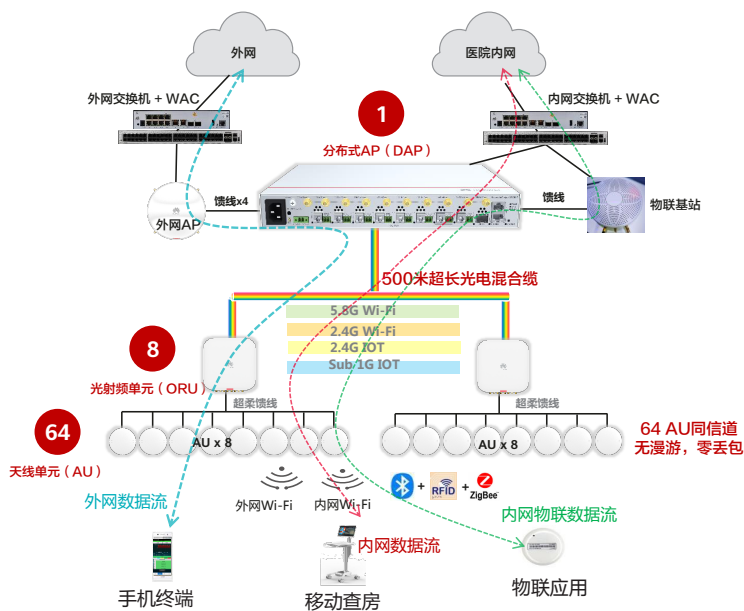


图 6-2 零漫游分布式 Wi-Fi，广覆盖零漫游

分布式 Wi-Fi 通过基站（DAP）与分布式光电射频单元（ORU）和分布式天线单元组网的技术，实现零漫游、大带宽和三网超融合到医院无线网络。做到“一个 AP 一张网，一个 IP 跑全院”，实现业务系统登录无切换、终端稳定联网、物理隔离的功能。

其中涉及到关键技术包括：

- » **零漫游**：分布式 Wi-Fi 创新将基站处理单元与多分布式射频单元组网技术，实现 1 个 Wi-Fi 信号从 30 米到 500 米的超广覆盖。让弱通信物联终端在接收到“永远不消失”的信号，消除了漫游切换。同时，通过采用 8T8R 分布式 MU-MIMO 算法与分布式抗隐藏节点干扰算法，可同时支持 6 终端并发零漫游。这就既解决了弱终端感知到的唯一信号连接，也解决了多终端并发接入的问题。
- » **广覆盖**：创新采用采用光承载射频单元的光电复合缆技术，最大距离可拉远到 500 米范围覆盖，满足 1 台 DAP 可覆盖三层楼、64 个房间在同一个 1 个信号区的需求。
- » **大容量**：采用 8T8R 分布式 MU-MIMO 算法，8X8 空间流，单房间可达 80Mbps，总容量可达 1.8Gbps 的内网应用需求。
- » **三网隔离**：创新采用多射融合物理隔离技术，一套射频系统满足 5.8G Wi-Fi、2.4G Wi-Fi、2.4G IoT、sub1G IoT 的内网 / 外网 / 物联网的需求，同时三网射频通道物理隔离，三基站物理隔离的方式，实现融合部署安全可靠，整网 TCO 降低 60%。

6.3 毫米波感知技术

生命体征监测已成为消费电子、生物医学等领域的热门研究实验项目。其中,在医疗与康养场景中,主流的传感器包括基于接触的可穿戴传感器,基于摄像头的解决方案和基于波雷达的非接触解决方案。首先对于可穿戴传感器,其优点在于精度较高,但需要用户进行穿戴传感器,并定期进行充电,其中长时间或需要频繁的充电会给用户带来不适感,大大降低使用传感器的便利性。另外针对摄像头的解决方案,优点是用途广泛,并且跟踪和检测用户更为直观。但是它的缺点也十分明显,即易收到光照条件影响,强光弱光均影响检测精度、存在用户隐私被侵犯的风险、以及无法穿透障碍物(衣物被子等);与上述两种手段相比较,基于雷达的非接触无感智能监护系统具有不需穿戴的优点,并可穿透衣物被子进行高精度呼吸与心跳检测,具有全天候的高精度的用户离床回床检测,运动检测以及生理信号检测等应用能力。因此,可通过高精度雷达来提供非接触式生命体征测量,可使得用户无需佩戴传感器,并免于摄像头带来的隐私性相关问题。

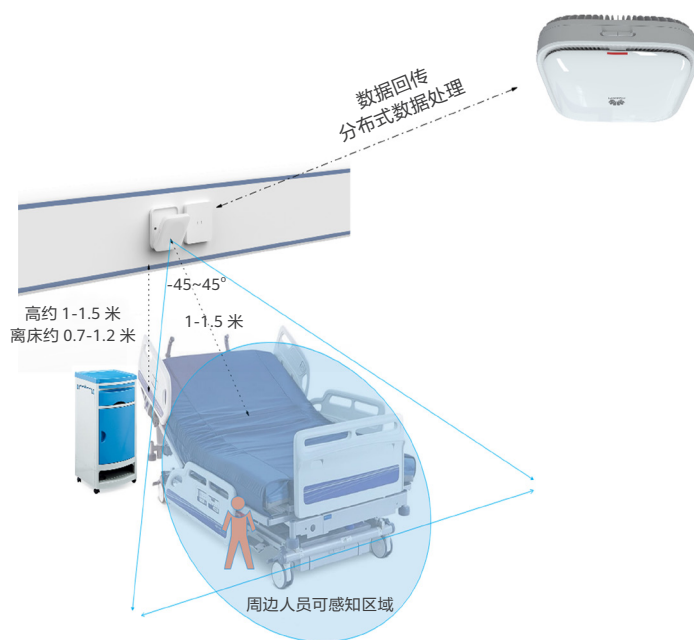


图 6-3 毫米波感知技术应用示意图

基于毫米波雷达技术可实现无接触式人员体征安全监测,在VIP病房、康复病房等业务场景实现辅助监测与预警,提升患者在床监测、跌倒监测等,提升院内医疗安全保障。主要用于以下无感监测场景:

- » 存在检测,感知患者是否在床/离床,当患者在床时,感知其是否有翻身等动作;
- » 体动检测,识别患者的运动状态,判断患者是否摔倒;
- » 生理信号检测,通过存在和体动检测感知到患者在床且无较大动作时,实时测量患者的呼吸和心跳频率,并给出测量置信度,判断是否存在呼吸暂停和心率过高等情况并报警。

其关键技术在于高精度雷达的设计,以及高精度行为识别算法。

其中,高精度雷达设计方面:当前国产化的雷达收发通道数较少,通过创新的芯片级联技术扩展雷达收发通道数,增加雷达孔径;同时在射频处理中增加角度分辨率与波束赋形能力,并配合高增益天线与超分辨算法,可极大的提升毫米波雷达的感知能力;

在高精度行为识别算法方面:利用获取的高精度点云数据,通过聚类算法从原始点云中识别人体目标,并构建室内人员运动状态模型和运动过程噪声模型,并利用卡尔曼滤波算法结合集成学习等AI算法模型训练行为识别模型,通过进一步模型优化和参数调优提升摔倒识别的准确率和召回率。

6.4 医疗设备无感接入

现有的终端联网方式存在如下问题：

- » IoT 终端配置入网配置复杂：为了管控网络安全，终端入网需要符合网络的准入认证要求，对设备做相应的网络配置，如：Wi-Fi 设备入网，需要对设备逐个配置预规划的 SSID 和密码，且处于安全要求，密码需要保证一定的复杂度，整个操作过程繁琐，容易出现错误；另外对于不支持人机界面的部分终端，需要使用专业的网络配置工具，通过工具与终端进行联接后，进行配置；这些过程对于医院内的医护工作者难于理解，也过于复杂，带来工作负担。
- » 网络设备配置繁琐：对于网络而言，允许一个设备接入网络，需要校验终端的入网凭证，包括终端的 MAC 地址、用户名、密码等。入网凭证需要在网络认证服务器或接入设备上配置，如果每次有新增医疗设备，都需要增加 MAC 白名单配置。当前对于 IoT 终端的网络准入，80% 的终端仅为 MAC 认证，MAC 认证需要在设备所需接入网络设备上进行逐项配置，不仅安全性低，且限制了组网灵活性。

无感接入，就是对 WLAN、BLE、RFID 等物联终端实现自动引导、即插即用，自动入网的过程，达到免配置，免配对的自动化接入网络效果。

如图所示，当设备接通电源，设备与 WLAN AP 之间通过约定的 iConnect 协议，进行自动的握手，网络感知到设备的电子身份，并将电子身份与联接使能平台中的白名单进行比对，对于在白名单内的设备，将被自动推送到医护人员的手机 APP 中，予以呈现。而当设备不在白名单中时，网络将不允许设备联接，也不会推送相应的上线信息给医护 APP。

整个过程中医护人员无需进行任何网络配置操作，只需要将设备上电即可，医护人员对网络配置无需手工配置，实现安全可靠的设备入网的第一步。

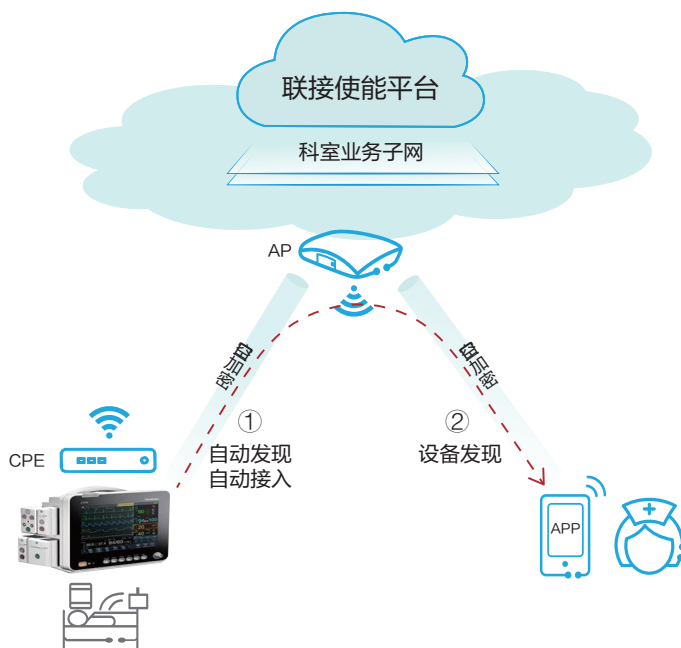


图 6-4 医疗设备无感接入示意图

6.5 安全准入与数据溯源

物联网终端或者传感器，往往算力有限，安全防护能力比较弱，往往都是采用最简单的 MAC 认证接入网络，很容易被仿冒接入，在网络内造成安全威胁攻击。另外，数据采集回传通信过程中，数据如果没有防护，也很容易被篡改，带来医疗安全风险。同时实时医疗数据用于临床，需要精准的明确是哪个患者的数据、什么时间通过什么设备采集的，才能通过多维时序数据综合的对一个患者的病情做分析，因此数据中的溯源标识至关重要。

通过白名单 + 证书强安全管控的安全二次认证，基于网络感知实现精准溯源，端到端加密回传解决以上问题。

- » 安全可靠接入：基于终端白名单 + 证书对入网终端进行两次安全认证，第一次认证基于身份感知确认是否是白名单中的终端，第二次对终端所持的合法有效证书进行认证，才能放通对应的病区子网权限。
- » 数据精准溯源：当设备接入网络中，网络会将发现的设备自动通过控制器上报到应用平台，显示上线设备的身份，医护人员在平台上勾选患者的标识做关联，应用平台将患者标识通过控制器下发给 CPE，CPE 获取到溯源标识，在采集过程中对数据进行标识后回传。从源头获取到数据是哪个设备、哪个患者，哪个时间的相关信息。其中 CPE 的时间与网络同步，保证了时间的精准性。
- » 数据端到端安全回传：第一段空口通过 Wi-Fi 6/Wi-Fi 7 WPA3 进行加密，WPA3 空口加密采用“192 位安全套件”可达到金融级别安全要求；第二段接入网络设备后，可通过虚拟子网做业务的隔离，只能回传到指定的应用，从而保证了数据的安全性。

即便医疗设备存在移动场景，数据安全回传随行，不受移动约束。

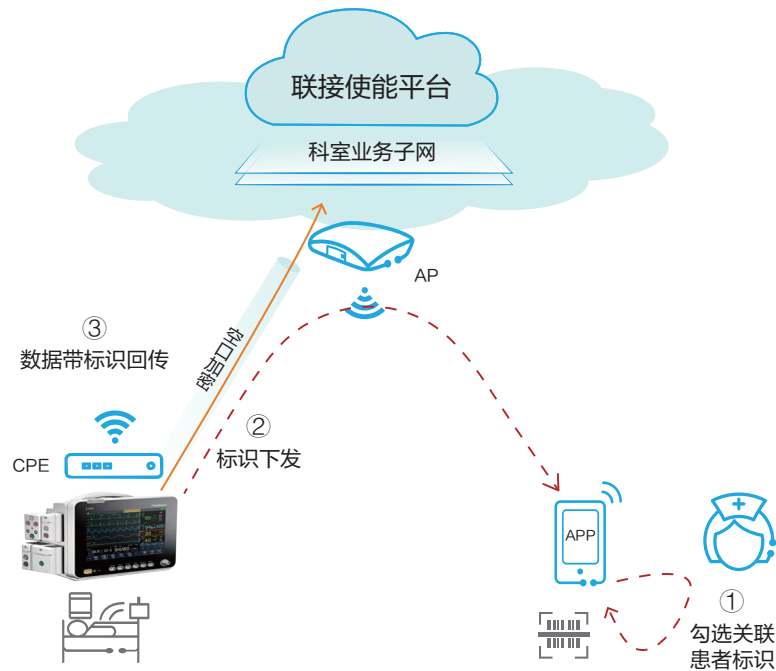


图 6-5 医疗设备安全准入与数据溯源示意图

6.6 双发选收 智能接入

在医疗场景中，医疗设备联网的意义在于实时获取设备采集的患者多维度的临床数据，实现 AI 的辅助诊疗，及时预测，而如果数据丢失，可能会造成误判误诊，使得辅助诊疗功能不可用，需要数据通信网络可靠稳定。

对端到端回传通道中，采用 Wi-Fi 双发选收、应用加速、QoS 等保障医疗数据的 TCP 通信实现医疗数据端到端 0 丢包。

Wi-Fi 双发选收：2.4G、第五代移动通信双频双链路回传，在 AP 或 WLAN AC 上进行数据去重，恢复成为一路数据流。对于重要业务基于终端识别，对数据做高优先级队列优先转发，同时，在网络侧结合 QoS 保障实现端到端的可靠回传。实现 0 丢包，保障监护设备不掉线，数据不中断。

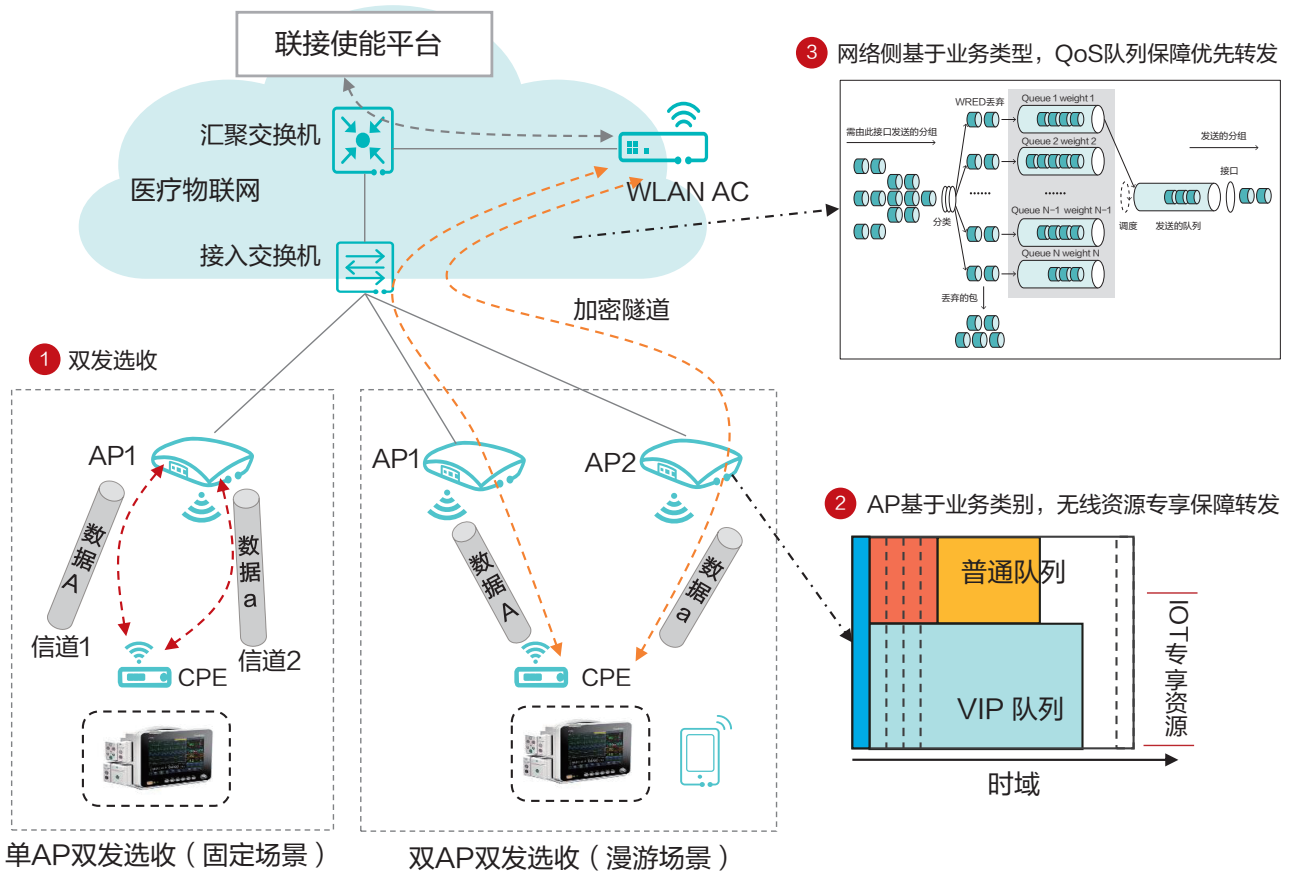


图 6-6 Wi-Fi 双发选收原理示意图

医疗物联感知网关键技术

6.7 SRv6智能骨干网

在医疗集团的各个分布式院区之间的骨干网络上，用 SRv6 智能路由的技术实现最优路径互联。

在物联网终端数据回传到云的路径中，如果回传网络是医院自建广域网络，比如总部医院与多分院之间的互联，建立专网用于回传物联业务、办公业务、视频业务等，可采用 SRv6 技术来实现最优的业务互联路径。

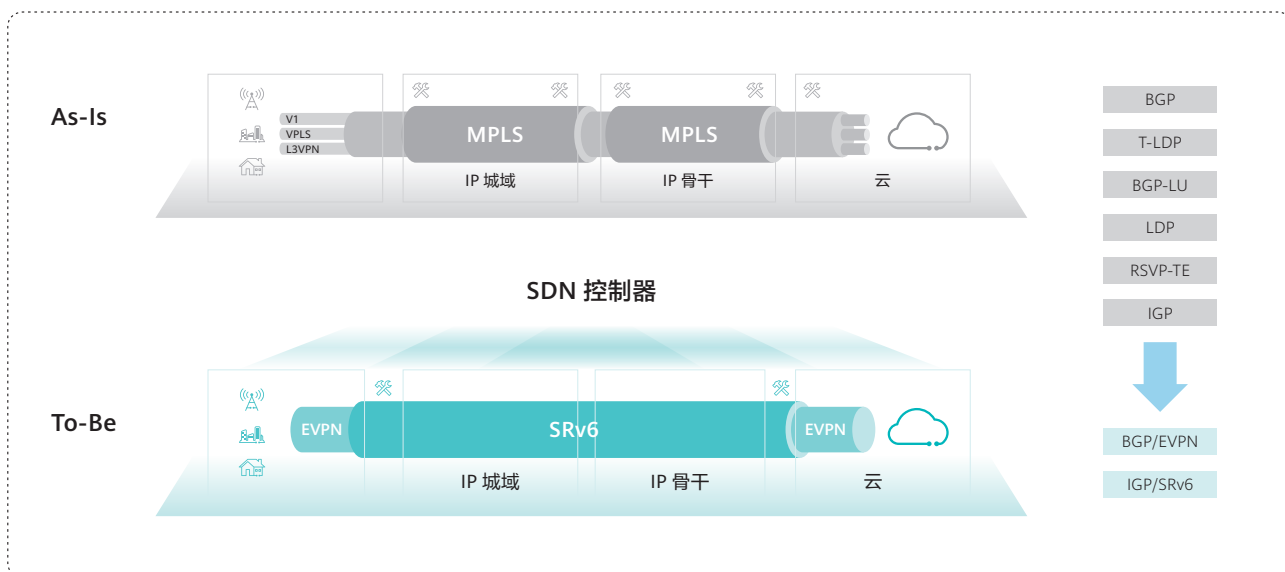


图 6-7 SRv6 实现广域最优路径示意图

第五代移动通信和云带来海量的联接，SRv6 作为面向未来的网络技术，通过协议简化、端到端跨域协同、可编程的业务路径等优势，为第五代移动通信和云时代带来可保障的“任意联接”。承载传统 MPLS 网络协议繁多（LDP/RSVP-TE/GRE/ L2TP...），且网络分段管理。跨域业务需要不同部门间协同，逐台设备配置，业务部署周期长，运维效率低。为了实现任意联接，网络中的协议应该尽量少，尽量简单，一方面减轻设备压力，实现更多数量的联接，另外一方面减少业务开通时的配置工作量，实现更快的联接开通速度，最后还减少网络故障时的定位工作量，更好地保障联接质量。

SRv6 是天然面向 SDN 技术设计的，具备 segment routing 的路径编程能力和 SDN 控制器配合，可以实现网络的灵活编程。

SDN 控制器负责网络拓扑信息的采集和还原，并通过 BGP-LS、TWAMP 等手段采集网络带宽、链路时延等信息。SDN 控制器通过 Telemetry 实现采集信息的实时收集，并通过大数据和人工智能等技术实现网络信息的还原和可视化。整个骨干网方案中可通过多因子算路，根据业务对时延、丢包、路径亲和属性等条件，由 SDN 控制器根据感知到的网络状态信息按需计算满足业务 SLA 诉求的约束路径。在业务路径部署完成后，SDN 控制器通过 iFIT、TWAMP、Y.1731 等手段持续监控业务质量，当业务质量劣化时，会重新执行最优路径计算过程，为用户提供一张高质量的网络连接，保障业务体验永不受损。

6.8 边缘智能医疗数据采集网关

在医院中，当前医疗仪器和设备众多，由于没有统一的协议，各个厂家的医疗设备数据接口和获取方式各异，要解决这些设备联网后的数据能互通，就需要首先解决如何从医疗设备中获取数据，并能将获取到的数据进行结构化数据转换。

当前在医疗设备数据采集和解析方面，市面上已有多个厂家能够提供相应的产品，但不同厂家对接的设备种类、数量，采集的数据类型，解析的医疗信息深度各不相同。且提供的产品形式多为通过服务器或者前置机靠近设备近端接入的方式，与设备进行指令交互，实现数据的获取。但提供的产品和形态，在安全性，网络接入易用性、移动性、可靠性等方面有欠缺，存在管理安全风险以及健壮性、易用性不足等问题。

在医疗设备数据采集中，有些医疗设备可通过配置为固定输出模式，大部分医疗设备需要通过接口与其进行指令交互才能获得相应的设备数据，因此需要在边缘完成数据采集，且考虑边缘数采能够接入各类医疗设备，如何融合使用各个医疗数采生态厂家能力，是医院在解决医疗设备互联互通时的主要难点。

利用边缘计算技术、云边协同技术，在网络接入的边缘部署边缘网关，用以动态的部署设备数采驱动软件，支持融合部署多个厂家的医疗数采驱动 APP，实现对不同医疗设备的融合接入和数据采集。同时多台边缘网关可堆叠使用，实现不同网关之间的负载分担，保障设备接入的可靠性。

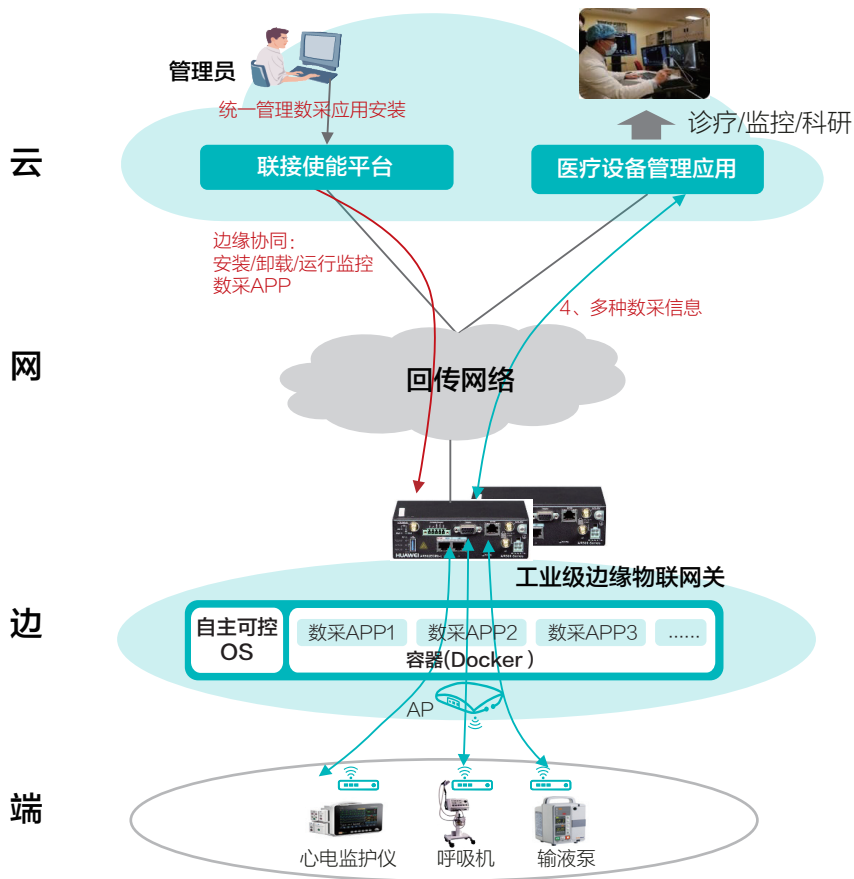


图 6-8 智能医疗数采网关

医疗物联感知网关键技术



6.9 端到端安全通信

医疗终端采集的数据一般都是重要的生命体征数据，数据的完整性是医疗安全的关键，因此需要确保数据端到端的传输安全，防范数据被篡改、侦听或重放攻击。鉴于物联网终端算力弱、安全防护弱情况，未来演进时间内也较难有统一操作系统、统一硬件平台、完善的安全加固手段。因此对物联网终端需要基于零信任的理念，采用分层防御的安全机制来保障网络、应用和业务数据的安全。

零信任理念：零信任是业界公认的一个安全架构和工程方法，旨在通过持续认证、动态授权、访问保护等手段，对任何数据的访问、采集、共享、使用等过程进行精细化管控，由传统的静态授权和边界防护变为持续认证和多维管控，其核心目标是保障医院数字资产的全生命周期安全。

- » 零信任的理念假设网络内外都存在攻击者，因此不应自动信任任何用户或设备，所有访问都需要认证和鉴权。
- » 零信任的另一个原则是最小访问特权，这意味着只为用户提供他们需要的访问权限，这最大限度地减少了网络敏感数据对用户的暴露。
- » 零信任网络利用微分段技术，将安全边界分解为很小区域，以保持对网络的不同部分的单独访问。例如，使用微分段可以将医疗物联网络分为科室级独立的安全区域。未经单独授权，访问其中一个区域的人员或程序将无法访问任何其他区域。

基于零信任网络的理念对整网进行安全的准入、加密的回传、基于实时网络监控的安全管控措施，形成立体的防护体系。

- » 医疗设备安全接入：如前面章节所述采用安全二次认证机制，管住网络的入口。在终端与 WLAN AP 之间采用 WPA3 安全机制加密，确保空口接入安全和数据传输安全。
- » 物联数据安全回传：在医院物联承载网采用网络切片，虚拟子网等隔离技术，确保各最小单元的业务网络隔离。所有医疗设备采集数据在接入交换机后流转至统一的边缘网关进行代理转发。业务网络只信任来自与边缘网关的数据流。边缘网关提供容器化的平台，支持部署多种数采 APP 软件，各自独立运行，这些 APP 软件需经过联接使能平台安全的认证和加密的下发，从而保障了网关与其内置的数采 APP 的安全可信。
- » 广域互联加密通信：医疗分支广域互联基于 IPsec VPN 进行加密数据传输，确保广域网数据传输的安全。
- » 全网一体安全：在联接平台部署威胁分析和态势感知模块，对接入网络的物联网终端，实时监测流量异常，及时发现网络威胁并进行攻击阻断或者隔离。

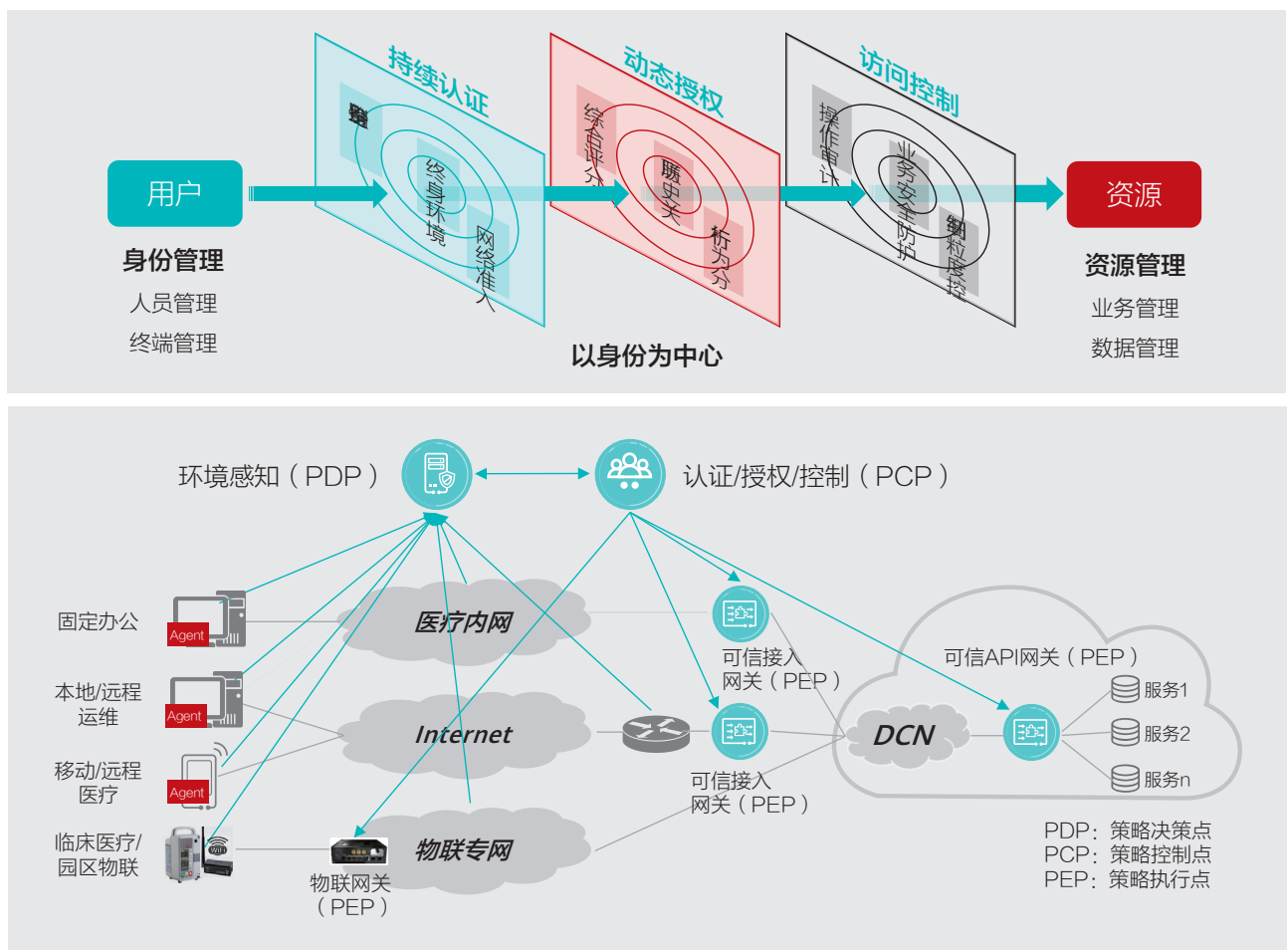


图 6-9 一体安全方案图

医疗物联感知网关键技术

6.10 一网可视与智能运维

医疗物联网涉及海量联网终端，且实时都在动态的变换网络联接口，医疗数据的可靠性要求是满足智慧医院的生产业务诉求。那就提出了对网络的极高的健壮性、稳定性、可运维、可管理的需求。这在大规模的物联网中，无法通过人工实现运维管理。必须借助自动化、智能化的技术手段来保障。实现对全网的监控拓扑对象、监控网元、配置网元、监控业务、诊断故障、监控性能、查看资源、报表生成等。做到故障及时发现，快速定位，快速恢复。为了简化管理、智能快速的定位定界，整个医疗物联网应具备一网到底可视可管的能力。

一网可视主要功能为：端网拓扑可视，网络状态可视，应用可视三部分。对全网的骨干网节点、无线物联感知网节点、终端节点实现一网到底的可视，包括物理拓扑、虚拟网络拓扑，拓扑可基于 GIS 地图呈现，终端位置、网络设备位置等。对每个网元支持网络状态可视，包括在线状态、离线状态等，终端可显示其设备信息，上线位置、时长等；对于关键网元节点可查看其流量信息，链路流量信息，以及流量趋势、带宽占用情况等。基于网络协议对全网流量进行分析呈现。对全网的应用性能数据信息，包括应用的质量信息，流量信息，可展示应用的流量和质量趋势图。可显示网络中的应用流量分布，包括 TOPN 流量的应用，TOPN 质量最差的应用等。多维度的可视化将使得整网的运行信息一目了然，极大的简化日常的管理运维工作。

智能运维主要功能包括：告警管理，以及方便的定位定界工具。通过统一的告警管理、过滤、详细告警信息查询呈现，告警规则的定义与屏蔽（属性包含日期、时段、告警源、具体告警）等屏蔽垃圾告警信息，重点关注重要的告警信息，从而简化运维工作量。对重要告警可通过大数据运维分析，历史故障重演，精确定位故障节点、故障原因。尤其对无线干扰、漫游等这一类看不见摸不着的空口运维难题，变为可看、可查、可追溯的图形化运维方式。保障了整网的健壮性。





07

典型应用

7.1 智慧院前急救

院前急救是守护危重患者生命线的首要环节，让急救技术和资源提到院前，争分夺秒抢救病患，是实现高质量急救的关键一步。第五代移动通信时代的来临，让院前急救充满了想象，和传统急救的电话求助和转运不同，智慧院前急救将抢救室提前上车，为病患争取了宝贵的 30 分钟。

“5G+ 医疗物联感知网”模式对于智慧急救管理的作用尤为突出，主要体现在以下几个方面：

院前急救管理：院前急救管理是对现有急救车进行专项改造，通过物联网设备数据采集器，在车内将患者生命体征数据自动采集，通过 5G 网络将采集到的信息传输至接诊医院专家侧，获得专家远程指导，这对挽救患者生命至关重要，并且远程监护也能够使医院在第一时间掌握患者病情，提前制定急救方案并进行资源准备，实现院前急救与院内救治的无缝对接，充分提升管理救治效率，提高服务质量，优化服务流程和服务模式。

急救绿色通道管理：急救绿色通道主要对象是各种需紧急处理的急危重症患者，强调的是时效性、紧急性，所以如何能压缩等候、登记和交接等非医疗行为的时间，将医院的预检分诊、挂号登记信息、医生看病、再到各辅助部门的检查、配药的流程优化整合起来，提高抢救效率，成为关键所在。经过院前急救的处理，接诊医院可远程知晓患者基本情况，准备所需抢救物品。接诊后为患者佩戴定位标签，记录患者在急救绿色通道中各个环节的地点时间，保证患者的急救过程满足常规急救规范，避免延误，从而保障患者的生命安全。其次，急救绿色通道管理还可为医院改善急救绿色通道管理制度提供数据支撑。

抢救室数据展示：急救患者进入抢救室后，由于病情紧急，患者的各项实时生命体征都是医生判断病情的依据，可以采用物联网设备将患者的各项实时生命体征统一采集（包括体温、脉搏、呼吸、血压、血氧饱和度），将生命监护仪、呼吸机等医疗设备运行信息通过物联网数据采集器统一采集，与电子病历、护理文书等信息化软件进行整合，形成一个驾驶舱模式的数据展示平台。数据展示平台能将抢救室的基本情况集中实时展现，从而使医护人员对患者实时状态、特殊病情和护理项目予以观察，并进行监控，保障患者生命安全。

典型应用

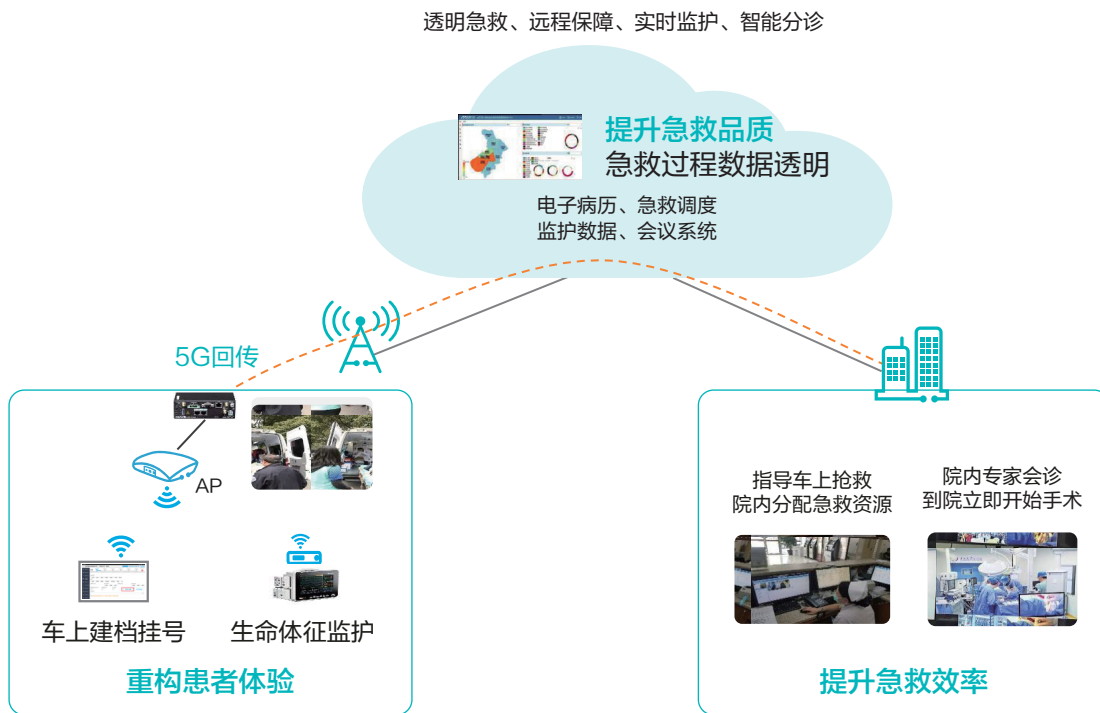


图 7-1 智慧院前急救典型应用

7.2 智慧门诊

患者到医院看病常要面临挂号、候诊、收费排队时间长，问诊时间短的问题，经常是排队 2 小时，看病 5 分钟，该问题使患者极为不满，医患关系变得紧张，成为医疗卫生行业急需解决的难题。

充分参考《医院智慧服务分级评估标准体系》的指导意见，构建智慧门诊服务体系是当前众多医院的建设方向。通过互联网与物联网技术的赋能，更深度地优化就诊流程，建立诊前、诊中、诊后全方位不受空间与时间限制的医疗与健康闭环管理服务，为患者提供安全的环境、智能化的体验、温馨化的服务。

诊前服务：通过医院智慧大脑实现医疗资源的统一调配优化管理，结合互联网技术实现支付宝、微信、APP、电话、多功能自助机等多种途径的资源预约，包括医生资源、医技资源、日间手术资源、床位资源、停车位资源等，使患者医疗服务需求提前，满足患者诊前的各项需求，缓解院内排队情况。并依靠以知识库为基础的智慧大脑建立诊前健康咨询与导诊服务，通过导航服务引导患者通过合理交通工具与路线到达医院。

诊中服务：通过物联网与互联网技术的结合，实现就诊服务的安全、有序、便捷；门诊大厅出入口部署闸机识别患者健康码信息、采集患者体温、并获取患者的预约科室状态，从而进行安全检查和发热筛查，并指引到对应的预约科室位置，进行一方面保障医患安全，减少交叉感染，另一方面对患者就医科室做指引；在门诊大厅部署智能机器人，实现患者智能导诊服务，减轻分诊护士台压力；通过基于物联网定位体系，实现院内智能导航服务，为患者提供便捷的就诊流程路径推荐服务；通过智能排队系统，实现患者有序就诊，改善就诊环境，确保患者隐私；结合图像识别应用，通过多功能自助机、结算桌面机、壁挂机、线上支付等在内的多途径便民支付方式，实现费用结算的便捷化；医生诊间通过智能预约管理，减少患者排队次数；通过各类自助设备与互联网应用，实现患者各类信息报告的查阅下载与自助打印。

诊后服务：通过设立统一的客户服务中心，结合医院智慧大脑与互联网技术实现医患互动、满意度调查，随访管理、健康监测、药品配送、处方流转、网约护士等服务，满足患者诊后的各项需求，特别是对居家穿戴式设备的应用，实现居民健康全闭环管理，使得居民受到更优质的医疗与健康服务，进一步提升患者与医院的粘合力。



图 7-2 智慧门诊典型应用

7.3 智慧病房

智慧病房是普通病房的智慧化，通过可穿戴背心，手环等设备实时连续监控患者生命体征，并通过智能分析，提前预测重大风险，为及时救助赢得宝贵的时间；智慧病房还包括患者跌倒检测与定位，患者输液监控和输液异常告警，医疗废弃物管理，手卫生管理等应用。

- » **体征数据连续采集：**使用医疗可穿戴设备实时采集患者心率，体温，血氧等体征数据，并通过无线物联网将采集到的患者数据上传到智能床头屏和护士站智能大屏系统中，自定义阈值告警，极大的降低了医护的工作强度，且数据秒级连续记录，为医学研究提供了高质量原始数据。
- » **输液监护：**通过输液监控终端实时采集各个床位的输液状态，如流速、输液余量、剩余时间等信息，并通过无线物联网将采集到的数据传输给中央站，并根据阈值智能提醒医护人员，减少输液巡查时间，并提升患者满意度，输液监控还可以结合生命体征监控信息，监控输液风险，防范医疗输液事故发生。
- » **人资定位：**快速定位人员和资产位置，资产定位节省了医护寻找医疗设备的时间，也为预防保养设备提供便利性，提升维护效率；患者位置定位结合跌倒检测可快速检测跌倒事故，为及时救助提供宝贵时间；医护定位结合一键报警，可快速应对突发事件。
- » **婴儿防盗：**通过母、婴手环配对，结合门口告警机制，婴儿未经授权擅自抱离病区时自动触发出口报警。

典型应用

- » **手卫生管理**：基于行为识别、动作捕捉及精准定位技术，对医护人员手卫生（洗手和卫生手消毒）的依从性和进行量化管理，可以显著提高院内感染控制执行力从而降低医护人员及患者感染风险。
- » **医疗废弃物管理**：通过二维码、无源 RFID、室内定位、智能称重、无线传感等关键技术，建立医疗废弃物从分类投放、分类收集、分类贮存、分类交接、分类转运直至分类处置的定点定向、全流程、可追溯、闭环式管理体系，实现医疗废弃物信息实时上报和异常预警。
- » **病房环境监测**：通过噪音传感器、温湿度传感器、空气传感器、光线传感器等各类物联网监测设备的应用，实时监测病区环境状况，有效提升病区环境质量，为病患创造更好的病区环境。



图 7-3 智慧病房典型应用

7.4 智慧手术室

手术室是围绕患者生命线展开的医疗场景，医生需要实时关注患者的体征状态，同时使用影像、微创、电刀等各种手术设备为患者进行治疗；主刀医生，辅助医生，护士，麻醉师需要对患者状态、手术进程有良好的共同认知才能进行安全而顺利的手术。当前设备孤立，往往医生在紧张的时间里，除了关注患者的状态，还要关注多个屏幕，多个手术设备的信息，给医生增加了繁重的信息查看与判断工作，同时对医护的协同造成障碍。

未来智慧手术室，将以患者为中心，为手术流程服务，综合考虑感染，而实现所有设备的联网与互联互通，通过强大的云上算力，将信息进行融合处理，让医护人员更容易和全面的掌握患者状态、手术进程信息，并能对复杂的手术给出 AI 的辅助建议，实现智慧化手术。不仅仅是凭医生一个人的经验，而是沉淀了专家经验的 AI 赋能医疗，为安全的手术保驾护航。

而对于疑难杂症的复杂手术，当本地医生无法完成而患者又无法移动和转移时，可以通过确定性网络技术（低时延、大带宽、高可靠），将手术机器人与远程专家操作互联，确保远程专家跨越时空障碍实现亲临现场的远程手术操作，为患者的生命线提供畅通的独享应急通道。

手术患者围术期管理中，通过患者佩戴 RFID 腕带及无感化 RFID 读写一体机，自动核对患者身份，确认患者手术信息，自动感应患者从进入手术间、麻醉复苏期、出手术间等全过程的时间节点、停留时间。

手术患者临床信息智能化集成与展现：对手术患者医疗过程中的临床信息在手术间通过大屏进行 360 度集中展现供手术医生查阅；对手术医疗设备腔镜、血管造影机（DSA）、神经外科手术显微镜、术中 MR/CT、达芬奇机器人和 3D 内镜等设备进行高度影像集成，实时统一展现辅助手术医生进行手术；通过物联网设备采集器对手术床旁监护仪、麻醉机、呼吸机及血气分析仪等患者生命体征信息进行统一采集，全息融合，实现全览实时监测；术前书中通过智能语音和集成平台实现对手术室设备、手术室环境和内外部资源的统一调度；对于各类集成的信息，通过 AI 智能分析，提供手术辅助建议。

手术示教观摩与远程指导管理：对手术室内术野高清摄像机、全景摄像机及音频等信号进行高度集成，通过 5G 技术赋能，实现手术观摩与示教管理；通过 5G 高带宽与高传输性能，实现远程手术指导，远程手术操作等业务。

手术室设备与物品管理：基于 UDI 标签、RFID、智能柜、机器人、定位技术等实现手术内衣物发放、麻醉药品管理、耗材管理、耗材运送、重点设备定位等的全过程闭环智能管理。

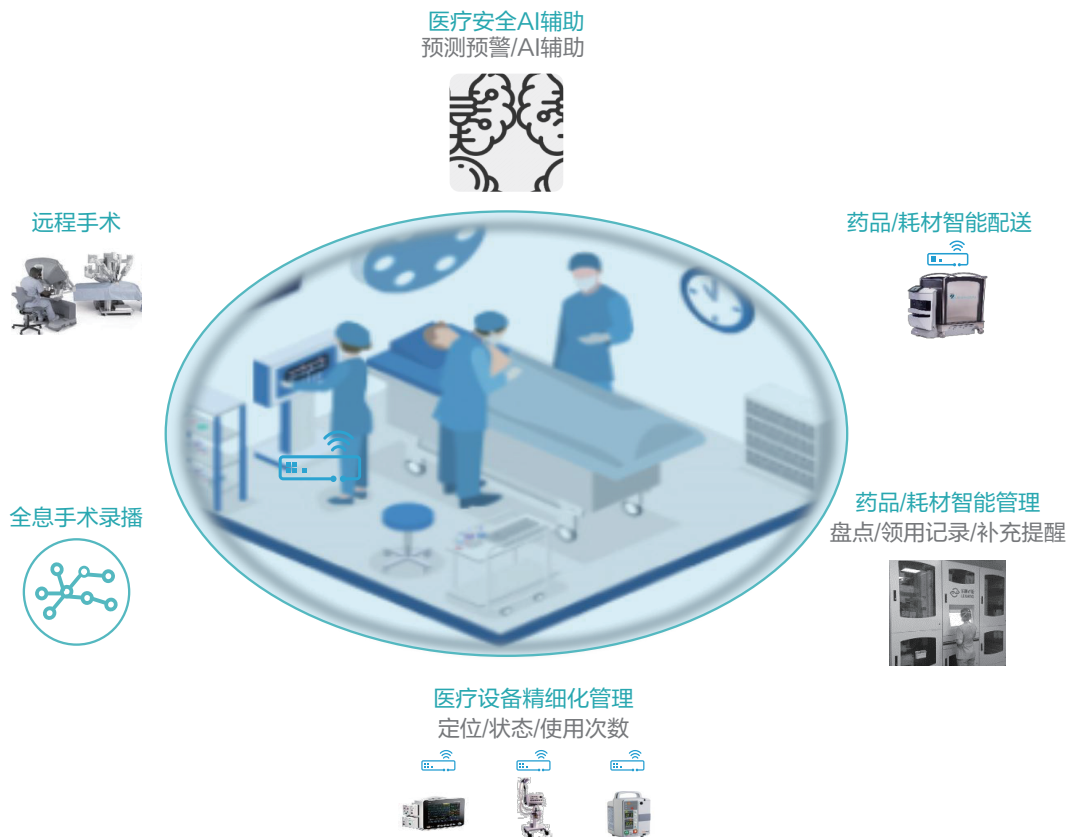


图 7-4 智慧手术室典型应用

典型应用

7.5 智慧ICU

2020年5月20日，国家发展改革委公布了由发改委、国家卫健委、中医药局联合印发的《公共卫生防控救治能力建设方案》明确提出加强重症监护病区（ICU）建设。智慧ICU病房建设涉及到多个方面，主要包括患者体征连续监控、患者病情预测预防，以及辅助医疗服务

将ICU病房的监护仪、呼吸机、麻醉机、输注泵、血气分析仪等各类生命体征监测与支持类设备联网，获取设备运行参数、患者体征和波形数据，以统一的接口和数据标准上传至物联网云平台，实现以数据驱动的各种ICU应用场景部署。基于实时生命体征数据发展智能化患者病情预测预警模型，可提前6-8小时预测患者病情恶化，具有重要的临床价值。

ICU的主要应用包括：

- » 基于无线医疗物联网的临床信息系统通过无线医疗数据采集器把患者连续生命体征数据自动写入重症监护系统，通过PDA扫码录入用药、医嘱执行情况等护理信息。
- » 自动送药机器人根据数据医嘱信息，按时把药品送至ICU病房，让护士有更多时间来护理病人。
- » ICU远程监护系统跨院区医生可以通过此系统实时监护患者在病床上的状况；患者家属探视。
- » 基于多源参数预警系统实现只对重要的状况报警，避免不可操作性报警造成医护时间的浪费。
- » 患者病情预测系统实现基于患者的实时数据来对病人病情进行提前72、48、24小时预测预警，从而使医护人员提前干预防止病情恶化。
- » ICU数据连续性在病人从其他科室转入ICU期间一直保持不间断进行数据采集，实现病人病情数据全过程的采集与存储。



图 7-5 智慧ICU 典型应用

7.6 重症快反CCRRT

Critical Care Rapid Response Team，重症快速反应小组，这里简称 CCRRT。是指医院建立这种快速反应小组，对病人的病情更早更及时处理。当前已经发展到基于信息化数据处理予以实现的危重患者早期预警与快速反应体系（CCRRT）。CCRRT 是以信息系统建设、体系建设为载体的全新重症患者服务模式，形成涉及院内非 ICU 患者（PreICU）、ICU 患者及 ICU 康复患者（PostICU），院外其他 ICU 患者（eICU）的重症患者全生命周期管理模式。

有统计资料显示 13.5% 住院病人均为重症病人，然而仅有不到 5% 病人得到重症救治。CCRRT 的建立可有效的缓解了重症医学科床位资源紧张，重症患者转入滞后，深度重症脏器评价与支持难以及时开展，救治效率较低等问题。建立 CCRRT 系统有利于：

提高质量、保障病人安全

基于信息系统建立一套完善的重症快速反应体系，有助于提前筛查患者重症早期风险，及时进行干预，降低重症转化率，保证病人安全。通过信息系统标准化重症快速反应的启动标准、操作流程并快速记录处置记录，提升重症救治质量，并方便进行质量控制。通过自动评估、自动填充等减少医护文书工作量，提高工作效率，减少差错的发生，提高医疗质量。

满足医院信息化评级需求

电子病历系统应用水平分级评价，是医院绩效考核，三级综合医院评审中唯一信息化方面的指标，目的是考察我国建设多年的电子病历系统和医院信息系统在实际应用中的水平究竟如何。电子病历分级评价标准包括十个角色 39 个评价项目，本项目严格按照电子病历系统应用水平分级评分标准中评价项目“监护数据”的 5、6 级标准设计，1) 监护数据纳入医院医疗记录统一管理，2) 监护获得的生理参数能够用于自动评分计算处理、根据知识库提供评估分析并给出警示，3) 具有体征数据与药物治疗、检验结果数据绩效进行监测结果分析的知识库。

落实三级综合医院评审标准要求

三级综合医院评审标准要求有针对危重患者病情变化的风险评估和安全防范措施。CCRRT 建立一套基于信息系统的完善的危重患者风险评估和防范体系，将危重病人救治工作具体落实。

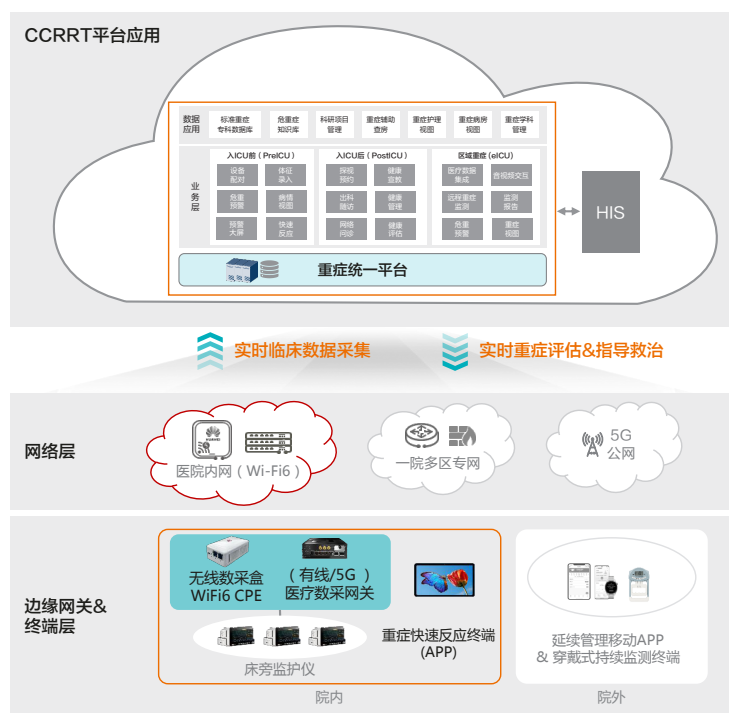


图 7-6 重症快反 CCRRT 应用

典型应用

重症快速反应系统就是支持 CCRRT 开展工作的一套医院信息系统，通过集成设备及信息系统数据，基于知识库标准启动流程，标准救治流程，协助进行事后质量控制，减少危重病人的等候时间、提高危重病人的抢救成功率、提高病人潜在风险预测准确性及降低病人候诊过程中意外发生率，本系统主要应用于成人、急诊及病房。

在院内建设基于 Wi-Fi 6 的医疗物联网，并通过无线数采盒和医疗数采网关完成床旁监护仪等设备的无线化接入，实现实时可靠患者体征数据采集。采集数据通过 CCRRT 统一平台，实现重症评估，并将预警预测评估结果通过院内无线网络实时反馈到重症快速反应终端用于临床辅助诊疗。

7.7 无感监护病房

在医院病房护理等场景中，利用毫米波感知技术，实现无接触式的行为识别、姿态检测、体征检测感知。通过该感知技术，医护能实时高效的掌握病患跌倒、睡姿、呼吸及心跳数据等动态，将助力提升医院智慧服务的精细化水平。有利于落实三级公立医院对优质护理病房的要求。同时提高医护人员工作效率，和患者满意度。

在病房部署毫米波感知雷达和 Wi-Fi 6 无线网络，毫米波雷达通过毫米波感知技术采集患者生命体征和姿态信息，并通过 Wi-Fi 网络回传数据。采用先进的毫米波雷达与 AI 识别算法结合，可实现患者无感的安全监测功能，包括：

- » 存在检测，可识别患者在床 / 离床状态，准确率达到 99% 以上；
- » 体动检测，可识别患者的摔倒等运动行为，准确率达到 95% 以上；
- » 生理信号检测，通过存在和体动检测感知到患者处于静止或微动状态时，支持对仰卧、俯卧及侧卧等多体位测量呼吸和心跳频率，高置信呼吸频率估计值精度达 90%。



图 7-7 无感监护应用场示意图

7.8 智慧设备管理

大型影像设备包括 CT、MRI、DR 等设备，传统的管理模式采用周期维护的粗放式管理，不能实时感知设备的状态，关键部件风险预测不及时，设备故障维护成本高。

医疗设备物联网实现大型影像设备运行日志数据、设备运行记录、扫描参数数据的结构化、标准化获取，可用于设备成本效益分析、精细化管理、预防性维护、临床应用评价和智能诊断等。利用历史数据进行大数据挖掘分析，建立预防性维护机制及关键部件故障预警模型，可有效减少医疗设备故障及维护成本，预计每年可节省费用数百万元。

大型影像设备价值高，如何提高设备利用率是降本增效的重要手段，由于患者检测部位不同或诊断模式不同，设备参数需要来回调整，导致效率较低，通过分析患者检测模式和检测设备参数调整的关系，自动智能调度，降低设备参数来回调整次数，将患者排队等待由一周减少到 3 天。



图 7-8 智慧设备管理典型应用

7.9 固定资产安全管理

在医院场景中，存在大量的医疗装备和医疗设备等海量的固定资产（一般三甲医院的资产在数万级条目）。这些固定资产来源于财政投入，需要保证资产有效利用。2020 年，财政部《关于加强行政事业单位固定资产管理的通知》（财资〔2020〕97 号）要求行政事业单位定期对固定资产进行清查盘点，每年至少盘点一次。这个资产管理指标也作为年度医院考核内容。而这些固定资产在院内流动共享，或者随着患者流动使用，给管理上造成了很大的困难，也给日常使用中查找资产带来了较多的人工投入。

典型应用

面临的主要问题和挑战：

- » 人工盘点，效率低：盘点耗时：每天数小时，每月数天，每年数月。
- » 资产位置 / 状态不可知，流失不可知：全院级共享设备，科室级共享设备，患者使用带出病区等，设备在全院流动，后期查找难，遗失后知后觉。
- » 账实不符，利用率不可知，采购决策无依据：缺乏资产使用过程监管数据，存在管理盲区。总会计师年度审计报告难出，盘亏追溯难，缺乏决策依据。

根据 IDC 权威数据统计，一套完整的资产管理系统可以帮助企事业单位实现：1) 减少 75% 的审计成本；2) 降低 40% 的备件库存；3) 减少 20% 的多余测试设备；4) 减少 45% 的设备“失踪”；5) 提高 30% 的资产使用率；6) 延长 10% 的设备运行寿命；7) 减少 50% 的设备停机率；8) 消除 99% 的资本资产注销。

医院作为一个人员密集和资产移动使用频繁的场所，亟需低成本解决方案。

固定资产盘存是指定期或不定期对企业的实物资产进行盘点和清查，以便真正掌握固定资产的数量、状态和情况，确保账实一致、账账相符。真正掌握固定资产的家底情况，以做出正确决策，降低固定资产的闲置率和丢失率，提升固定资产的利用率，为医院降本增效。医院管理者只有真正地控制实物资产的“采购、管理、维修、报废”才可以让固定资产的管理进入良性循环，助力医院的信息化管理。

基于院内 Wi-Fi 网络扩展建设网联化 RFID 智能资产管理系统就是支持医院资产管理开展工作的一套医院信息系统，通过基于网联化的 RFID 技术，建立在线式的无源 RFID 覆盖网络，自动的读取固定资产上的 RFID 标签，回传到资产管理系统从而实现实时的资产信息采集。实现固定资产的动态盘点，查找。并通过数据的整合分析，实现资产的利用率统计、资产的轨迹回溯、审计报告输出等。

针对重点设备、资产实现全院级的电子围栏并可及时发现遗失、不规范的资产领用行为，针对遗失资产可追溯轨迹、人员等需求，利用网联化 RFID 资产管理感知 + 智能安防感知融合及分析来实现各类资产的可感知、可管理、可追溯，实现全院级的资产智能管理。



图 7-9 基于医疗物联网的全量资产安全管理应用

7.10 智慧安全管理

医院是一个出入人员复杂、流动量大、重要设备多的特殊公共场所，24小时全天候对外开放，对于医务工作人员和病患的人身安全和财产安全的管理存在着难度大、管理面广等问题。特别是人员的安全问题。

对于老年痴呆、精神病患者等这一类特殊患者人群，由于认知能力和意识有不同程度的障碍，经常会发生院内迷路、院外走失、进入高危禁区的情况；而老年人、残疾人以及行动不便的患者由于自理能力薄弱，时常会发生跌倒、损伤等突发状况，并且很有可能会长时间倒地不起。对于强传染病患者携带传染病病毒，不可让其在院内自由活动，一般需要将其活动范围限制在隔离区或者隔离病房内。

对于医护人员的安全情况，近年来，各地暴力伤医事件频繁发生，已经严重干扰了正常的医疗秩序，危及医护人员的生命安全。

传统的安全管理方式是结合安防视频监控的粗放式人工管理，这种管理模式考虑到隐私问题，也存在着覆盖面不广的情况，及时干预性较差的情况。目前国内众多医院在视频监控为主的安防体系下以特殊患者和医务工作者为切入点，结合物联网定位感知技术，通过电子标签、定位系统的结合使用，对特殊患者与医务工作者的进行定位与移动轨迹监控，实现防走失、防盗窃（婴儿防盗）、误入高危区域提醒、安全紧急呼叫、历史轨迹追踪等一系列人员安全管理，有效构建安全医院管理体系。

同时基于图像识别、异常事件跟踪、环境侦测等可以更好的识别不良事件、不安全因素和黑名单人员，从而调度安全资源或控制涉案人员。保障医院的平安有秩序的运行环境。

7.11 智慧运营

智慧运营，基于医疗物联网数据、医疗临床数据建设，为医院实现智能化、数字化管理进行深度改造、全面升级；以最大化资源利用率和最大化管理效率为目标，以智能化管理为核心，结合现代化医院管理制度和医疗资源全要素控制标准，以基础设备、医疗行为、患者管理、安全保密、决策支持等为抓手建设。结合人工智能、物联网、大数据等先进技术，建设医疗质量监管、财务及资金监管、医院效能管理等体系，以流程化、数字化、智能化驱动医院的运营管理，为医院提供高质量的动态决策支撑能力，实现由流程驱动向数据驱动的转变，构筑全新智能化、数据驱动的智慧运营管理平台。



图 7-10 智慧运营典型应用

未来展望



08

未来展望

未来的医疗物联网将依托通信技术发展，实现全无线化接入与互联互通，实现一张承载网融合承载多业务，又能提供“独享式的专网体验”。同时，基于 IPv6+ 实现安全可靠、实时高效的数据采集、数据传输，从物联终端到云上应用实现全路径的安全加密，网络增强动态感知物联终端类型、通信环境动态情况等并能提供所需的网络保障（通信感知一体化），网络管理系统通过协议原生支持对网络与物联设备一网到底的管理，构筑起智慧医院的通信基础。

未来的医疗物联设备、智能传感器越来越丰富，将原生支持 Wi-Fi 等无线化通信能力，内生具备安全的与通信网络协同的能力，网络协同获取网络时间、位置等实现患者溯源的能力，彻底解决设备联网难的问题。可在任何地点，都能方便快捷的联入通信网络。此外，随着无线通信技术的发展，利用无线通信信号衍生发展出更多的感知能力，形成通感一体的设备，在有无线通信信号的地方也能通过无线信号感知人员和环境信息（如毫米波雷达等），形成无感的智慧病房，让患者不受医疗设备等束缚，更有质量的接受治疗。

未来智慧医院将突破时空限制，让医疗健康服务触手可及。从单个医疗物联业务应用到多个医疗物联业务协同，从单个医院延伸到多个医院，从院内延伸到院外，从治已病到治未病，从疾病治疗到健康监测，最终实现以患者为中心的预防、治疗、康复完整闭环。

智慧医院的发展，将依托于云计算、大数据与 AI 技术沉淀优质医疗资源的专家力量，形成云上医院智能体，通过移动通信、SRv6 等广域网络技术，融合物联网感知等先进的边端通信技术，将优质医疗资源下沉到分院、卫生所、甚至家庭，突破医院的物理围墙，形成泛在互联的智慧医院智能体。实现患者无处不在、无时无刻的对优质医疗服务的获得。

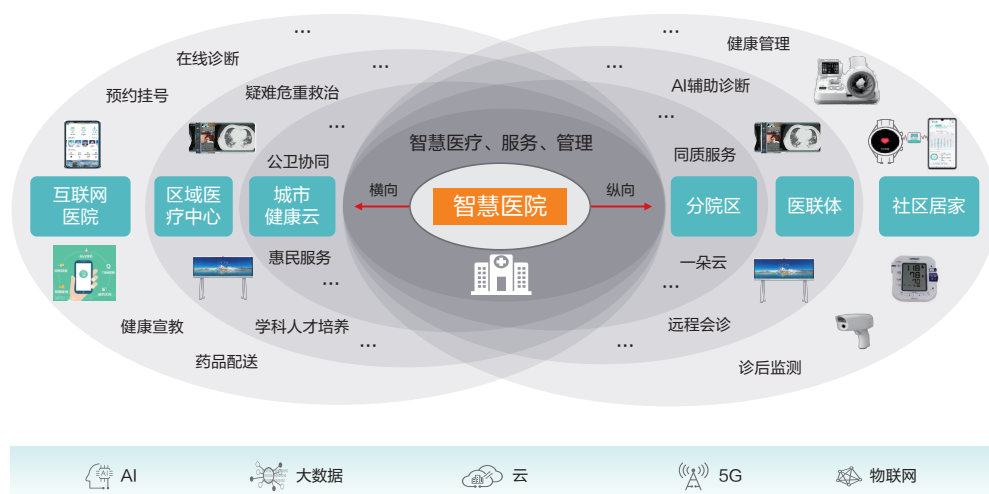


图 8-1 未来医疗健康服务触手可及



09

术语 & 缩略语

术语 / 缩略语	英文全称	中文描述
AI	Artificial Intelligence	人工智能
IoT	Internet of things	物联网
IoMT	Internet of Medical Things	医疗物联网
ICT	Information Communication Technology	信息通信技术
OT	Operational Technology	运营技术
UDI	Unique Device Identification	唯一器械标识
GIS	Geographic Information System	地理信息系统
PLC	Power Line Communication	电力线通信技术
Wi-Fi	Wi-Fi	无线局域网传输技术标准
Wi-Fi 6	Wi-Fi 6	基于 802.11.ax 标准的第 6 代无线局域网传输技术
Wi-Fi 7	Wi-Fi 7	基于 802.11.be 标准的第 7 代无线局域网传输技术
RFID	Radio Frequency Identification	射频识别技术
BLE	Bluetooth Low Energy	低功耗蓝牙技术
SDK	Software Development Kit	软件开发工具包
VXLAN	Virtual eXtensible Local Area Network	虚拟可扩展局域网
SD-WAN	Software Defined WAN	软件定义广域网络

术语 & 缩略语

术语 / 缩略语	英文全称	中文描述
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport	消息队列遥测传输协议，一种物联网协议
CoAP	Constrained Application Protocol	受约束的应用协议，一种物联网协议
HTTPS	HTTP over SSL/TLS	建立在安全协议规范上的 HTTP 传输协议
DTLS	Datagram Transport Layer Security	数据包传输层安全性协议
TLS	Transport Layer Security	传输层安全协议
CAPWAP	Control And Provisioning of Wireless Access Points Protocol Specification	无线接入点的控制和配置协议，一种 WLAN 隧道协议技术
802.1x	802.1x	基于 Client/Server 的访问控制和认证协议
MACsec	Media Access Control Security	基于 802.1x 协议的局域网上的安全通信方法
DDoS	Distributed Denial of Service	网络安全中，一种分布式拒绝服务攻击手段
iMaster NCE	Network Cloud Engine	网络云化引擎
RTLS	Location-based Service	基于位置服务
QoS	Quality of Service	服务质量
PKI	Public Key Infrastructure	公开密钥基础建设
AP	Access Point	Wi-Fi 接入点
SSID	Service Set Identifier	服务集标识，AP 的 ID 码，用来区分不同的网络
WLAN	Wireless LAN	无线局域网统称。比如，Wi-Fi 技术是部署 WLAN 的一种无线网络标准技术
SDN	Software Defined Networks	软件定义网络
LSW	LAN Switch	局域网交换机
RS485	RS485	串行通讯标准，使用这种标准的数据线称之为 RS485 总线
PoE	Power over Ethernet	以太网供电技术
SLA	Service Level Agreement	服务水平协议，一定开销下为保障服务的性能和可靠性，服务提供商与用户间定义的一种双方认可的协定
CPE	Customer Premises Equipment	用户驻地设备，位于终端用户驻地的设备

术语 / 缩略语	英文全称	中文描述
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议，一种面向连接的、可靠的、基于字节流的传输层通信协议
BBR	Bottleneck Bandwidth and Round-trip time	TCP 协议中，提出的其中一种基于带宽和 RTT 时延探测的新型拥塞控制算法
Docker	Docker	开源的应用容器引擎，让开发者可以以统一的方式打包应用到一个可移植的容器中
SRv6	Segment Routing over IPv6 dataplane	用于在 IPv6 数据面控制转发的分段路由转发技术
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	多协议标签交换技术
LDP	Label Distribution Protocol	路由信息映射到标签信息上的标签分发协议
RSVP	Resource Reservation Protocol	请求预留带宽和分配标签的协议
GRE	Generic Routing Encapsulation	通用路由封装的 VPN 隧道技术
BGP-LS	BGP Link-state	网络拓扑收集技术，IGP 协议发现的拓扑信息由 BGP 协议汇总后上送给上层控制器
TWAMP	Two-Way Active Measurement Protocol	双向主动测量协议

参考文献



10

参考文献

- » 《未来已来：智慧医院发展之路》，麦肯锡 智慧医院白皮书，陈波，Axel Baur，王锦，王倩怡，辛梦苇，陈曦，
- » 《关于印发医院智慧服务分级评估标准体系（试行）的通知》，国家卫生健康委办公厅，2019年3月5日
- » 《物联网新型基础设施建设三年行动计划（2021-2023年）》的通知，工业和信息化部、国家卫生健康委员会等八部委联合印发 工信部联科〔2021〕130号，2021年9月27日
- » 《关于开展IPv6技术创新和融合应用试点工作的通知》，中央网信办等部门联合印发，2021年10月
- » 《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》，国务院，2015年7月
- » 《“健康中国2030”规划纲要》，中共中央、国务院，2016年10月
- » 《关于印发“十三五”全国人口健康信息化发展规划的通知》，国家卫生计生委，2017年2月
- » 《国务院办公厅关于推动公立医院高质量发展的意见》，国务院办公厅，2021年06月
- » 《关于印发公立医院高质量发展促进行动（2021-2025年）的通知》，国务院，2021年9月
- » 《国家卫生健康委办公厅关于印发公立医院高质量发展评价指标（试行）操作手册（2022版）的通知》，国务院，2022年9月
- » 《国家卫生健康委办公厅关于印发国家三级公立医院绩效考核操作手册（2023版）的通知》，医政司，2023年2月



版权所有

本白皮书著作权属于医疗大数据应用技术国家工程研究中心、人工智能医疗器械研究与评价国家药品监督管理局重点实验室、华为技术有限公司、中国医学装备协会医院物联网分会共同所有。转载、摘编或以其他方式使用本白皮书的全部或部分内容的，应注明来源，违反上述声明者，著作权方将追究其相关法律责任。

商标声明

本文档提及的所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。本文档内容不做任何明示或暗示的声明或保证。

由于技术演进或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。



下载白皮书