



通信·导航·物联一体化 5G 室内通信网络

张欣旺, 董佳, 邹司晨, 王东, 邓伟, 丁海煜

(中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

摘要: 4G 时代运营商已经沦为数据业务管道, 5G 时代运营商将积极寻求业务转型。根据研究机构预测, 室内定位及物联网市场前景广阔, 运营商正在努力拓展相关领域的垂直行业应用。但是, 现有室内通信网络功能单一, 无法有效支撑室内定位和物联网业务。提出了一种通信·导航·物联一体化 5G 室内通信网络, 通过在室分天线内部集成蓝牙模块, 使其具备下行蓝牙定位、广告信息推送、链路损耗检测、上行物联收集和上行蓝牙定位等功能。该技术方案可应用于智慧医疗场景中, 提供智慧导诊、设备管理、安防管理、后备保障和一键告警等服务。

关键词: 定位; 物联网; 蓝牙; 室内

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019175

Communication, navigation and IoT integration 5G indoor communication network

ZHANG Xinwang, DONG Jia, ZOU Sichen, WANG Dong, DENG Wei, DING Haiyu

China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China

Abstract: In the 4G era, operators have become data service pipelines, while they will actively seek business transformation in the 5G era. According to research institutes, the indoor positioning and IoT market have broad prospects, and operators are working hard to expand vertical industry applications in related fields. However, the existing indoor communication network has a single function and cannot effectively support indoor positioning and IoT services. A communication, navigation and IoT integration 5G indoor communication network was proposed. By integrating the bluetooth module inside the indoor antenna, it achieved some new functions, such as downlink bluetooth positioning, advertisement information push, path loss detection, uplink IoT collection and uplink bluetooth positioning. The proposed technical solution can be applied to smart medical scenarios, such as smart consultation, equipment management, security management, logistical support and one-click alarm.

Key words: positioning, IoT, bluetooth, indoor

收稿日期: 2019-06-01; 修回日期: 2019-07-01

基金项目: 国家科技重大专项基金资助项目 (No.2017ZX03001028)

Foundation Item: The National Science and Technology Major Project (No.2017ZX03001028)



1 引言

2G 时代,手机主要用于语音通信,运营商是语音业务的运营主体。3G 时代,数据通信开始发展,运营商既是语音业务主体,又是数据业务管道。4G 时代,伴随着数据业务的爆炸式发展,运营商沦为纯粹的数据业务管道,语音业务已成为配角。此时,运营商在移动互联网中被边缘化,业务主角已经变成各类应用厂商^[1]。2015 年 4 月开始,国家每年出台提速降费政策,三大运营商多次下调移动语音、数据流量和宽带业务的资费。据统计,截至 2018 年 3 月,我国移动数据流量资费从 2011 年的 369 元/GB 下调至 13.5 元/GB,年均降幅达到 38%,如图 1 所示^[2]。网络资费的下降有效降低了移动互联网产业的总成本,促进了全行业的快速发展,提升了我国社会经济数字化水平,运营商在其中承担了主要的社会责任。但是,随着提速降费政策的不断推进,其边际效益持续降低,运营商的数据业务收入已经遇到了“天花板”。因此,运营商在数据流量经营方面遇到了诸多挑战,可以归纳为:4G 用户普及率接近饱和、用户价值“二八”现象凸显、流量单价近乎“白菜价”、收入“剪刀差”现象继续扩大^[3]。

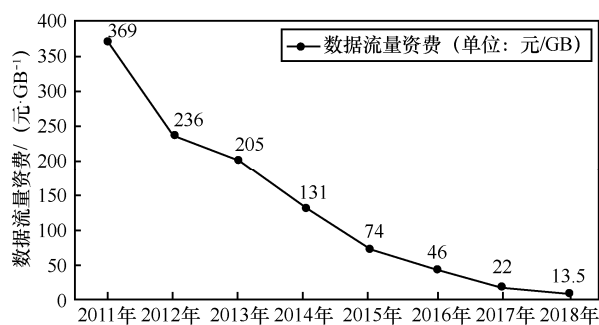


图 1 2011—2018 年我国移动数据流量资费变化情况

5G 时代即将到来,在“不限流量大战”的背景下,运营商必须积极寻找转型之路,摆脱处于数据业务管道的不利局面。4G 改变生活,5G 改变社会。5G 是多种技术、多种业务相互融

合,引领数字化转型的通用技术^[4-5]。5G 时代,运营商业务对象从以面向大众消费者为主向着面向大众消费者和垂直行业并重转变,因此打通垂直行业应用将成为运营商能否成功转型的关键。运营商在拓展垂直行业过程中也将面临全新挑战,通信网络除了需提供数据业务外,还需要提供其他增值业务能力。因此本文提出了一种兼具通信、导航、物联 3 种业务能力的 5G 室内通信网络。

2 室内定位及物联网市场预测

根据市场调研公司 Markets and Markets 的分析预测报告,室内定位技术的市场规模将从 2017 年的 71.1 亿美元增长到 2022 年的 409.9 亿美元,年复合增长率高达 42%^[6]。根据 IndoorAtlas 的研究报告,目前普遍使用的室内定位技术包括 Wi-Fi、蓝牙和地磁,其中采用蓝牙定位方案的占比最高,应用室内定位技术排名前五的场景包括机场、酒店、医院、写字楼和商场^[7]。

根据咨询公司 IDC 分析报告,到 2022 年中国物联网市场支出预计将达 2 552.3 亿美元,占全球同期总支出的 24.3%,仅次于美国(占比 25.2%),位列全球第二。根据中国产业信息网的预测,如图 2 所示,2022 年全球物联网连接总数将接近 200 亿个,其中采用局域物联网(Wi-Fi、蓝牙等)的占比大约为 75%^[8]。

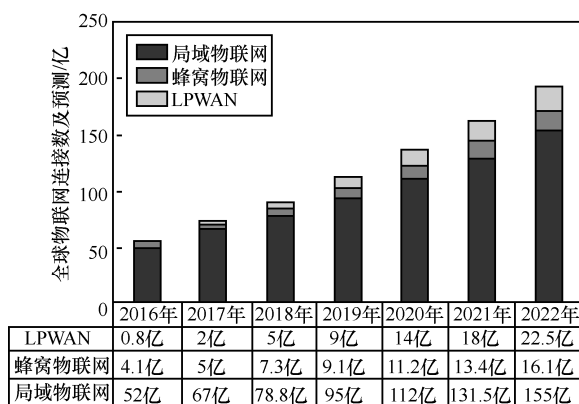


图 2 2016—2022 年全球物联网连接数及预测

根据上述调研数据可知,目前室内定位及物联网市场总规模将超过千亿美元,可预见的未来还将继续快速增长,运营商在5G时代应该积极拓展室内定位及物联网领域新业务。从技术层面角度分析,Wi-Fi和蓝牙是目前室内定位及物联网领域的两类主流技术方案,而相关业务大部分也发生在室内环境。因此,运营商应该复用5G室内覆盖网络的硬件设施、机房、供电、传输等配套设施,充分发挥网络建设的规模优势和成本优势,从传统数据业务提供商转型为室内定位业务和物联网业务提供商。

3 室内通信网络能力技术

运营商为了保证室内移动通信质量,已经在大多数室内环境布放了室内通信网络。但由于现有通信网主要面对通信需求,并未针对定位需求进行优化,因此通信网在定位领域处于边缘地位^[9]。目前运营商室内通信网主要分为两大类:无源室分和有源室分。其中,无源室分由RRU信源和室分天线组成,由于室分天线无法进行独立区分,因此该方案不具备室内定位能力。有源室分头端平均间距为30~40 m,定位精度大于10 m,无法满足室内定位需求。如果来实现5~7 m室内定位精度,头端间距需要缩小至20 m,大幅提高了网络建设成本。因此,目前运营商暂时没有可以大规模应用的室内定位技术^[10]。

2018年起,3家运营商开始积极部署NB-IoT网络,依赖于该技术具备的低成本、低功耗、低速率、广覆盖等技术优势拓展物联网业务。但是运营商发展NB-IoT也面临很多方面的挑战,包括商业模式、产业链等^[11]。商业模式指NB-IoT连接产生的数据流量极少,平均ARPU值仅1~2元,而通过3G/4G接入的车联网、视频监控等业务的平均APRU值可达到20~50元。产业链方面,NB-IoT产业链在2018年才完全成熟,而LoRa联盟成立于2015年,目前已经拥有290多家成

员^[12-13]。

因此,现有室内通信网络能力相对单一,无源室分不具备定位能力,有源室分成本高,定位精度无法满足应用需求,运营商正在积极部署的NB-IoT网络也遇到了商业模式和产业链方面的挑战。5G时代,运营商需要探索全新室内通信网络技术,提供室内定位和物联网服务。

4 通信·导航·物联一体化5G室内通信网络

本文提出的通信·导航·物联一体化5G室内通信网络如图3所示。5G室内基站通过具备通直流能力的功分器外接多副内置蓝牙信标的室分天线,5G室内基站外部集成蓝牙网关,一方面对于室分天线内置蓝牙信标进行供电,另一方面监控室分天线工作状态,配置蓝牙信标状态参数等。由于彻底解决了蓝牙信标供电问题,通过灵活配置蓝牙信标的工作状态,可以使其工作于发射模式支持室内定位导航能力,也可以使其工作于接收模式支持物联信息收集能力,真正实现“一网多用”目标。

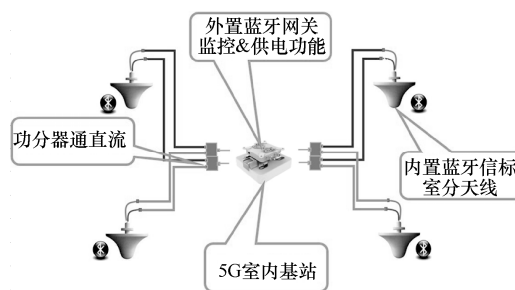


图3 通信·导航·物联一体化5G室内通信网络

4.1 通信·导航·物联一体化室分天线

通信·导航·物联一体化室分天线结构如图4所示,由主蓝牙、从蓝牙、天线阵子、双向耦合器、电子开关(SPDT)、3 dB电桥、滤波网络、匹配网络等组成。主蓝牙负责实现下行蓝牙定位、广告信息推送、链路损耗检测等功能,从蓝牙负责实现上行物联收集和上行蓝牙定位等功能,主蓝牙和从蓝牙之间通过数字信号传输。

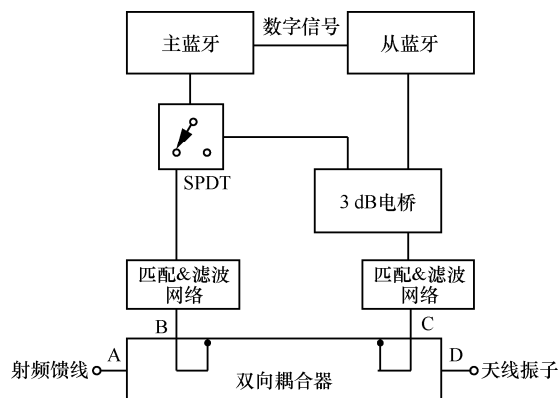


图4 通信·导航·物联一体化室分天线结构

4.2 下行蓝牙定位和广告信息推送功能

主蓝牙负责实现下行蓝牙定位和广告信息推送功能，如图5所示。电子开关切换连接主蓝牙和3 dB电桥，蓝牙信号通过C口传输到D口，最终通过天线振子对外辐射。主蓝牙以较高频次（例如每秒2次）向外发送下行蓝牙定位广播信号，周围设备（例如智能手机）可以同时接收到多副天线发送的定位广播信号，通过蓝牙MAC地址对应的室内位置坐标和蓝牙接收信号强度对应的距离信息，可以基于三角定位原理计算出室内位置，精度一般为室分天线间距的1/3左右。同时，周围设备还可以通过解析蓝牙信号获取广告信息，实现商业广告推送功能。

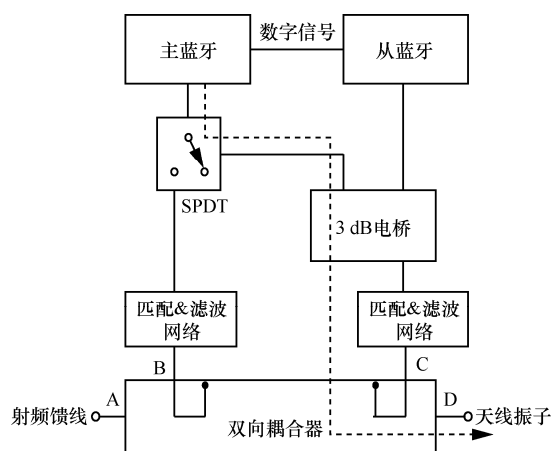


图5 下行蓝牙定位和广告信息推送功能（高频次）

4.3 链路损耗检测功能

主蓝牙还可以提供链路损耗检测功能，如图6

所示。电子开关连接主蓝牙和匹配&滤波网络，链路损耗检测信号通过B口传输给A口，再经过馈线网络传输给信源处的蓝牙网关。蓝牙网关计算接收到的检测信号功率强度，一方面可以实时监控无源馈线网络是否存在故障点，另一方面也可以定量评估双路室分路径损耗失配程度。

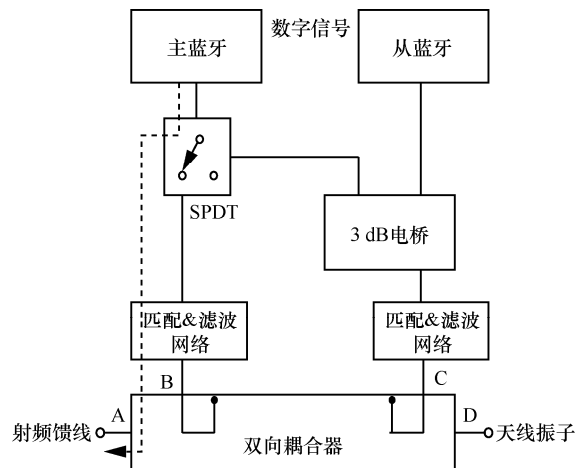


图6 链路损耗检测功能（低频次）

4.4 上行蓝牙定位和上行物联收集功能

主蓝牙和从蓝牙相互配合可以实现上行蓝牙定位和上行物联收集功能，如图7所示。电子开关连接主蓝牙和匹配&滤波网络，上行蓝牙信号从天线振子传输至从蓝牙，从蓝牙将其解调为数字信号后传输给主蓝牙，主蓝牙再经过射频馈线将其回传至蓝牙网关。通过计算多个室分天线接收到同一个智能终端发送的蓝牙信号，可以基于三角定位原理计算终端位置。对于采用蓝牙技术进行通信的传感器设备，其检测信息可以加载到蓝牙上行信号中，最终传输到蓝牙网关和管理平台进行解析。

4.5 工作时序流程

本文提出的通信·导航·物联一体化天线可以工作于多种模式，需要对主蓝牙和从蓝牙工作时序进行整体规划，如图8所示。从蓝牙负责接收上行蓝牙定位和上行物联收集信息（以下统称为上行蓝牙信息）。上行蓝牙信息的传输可分为

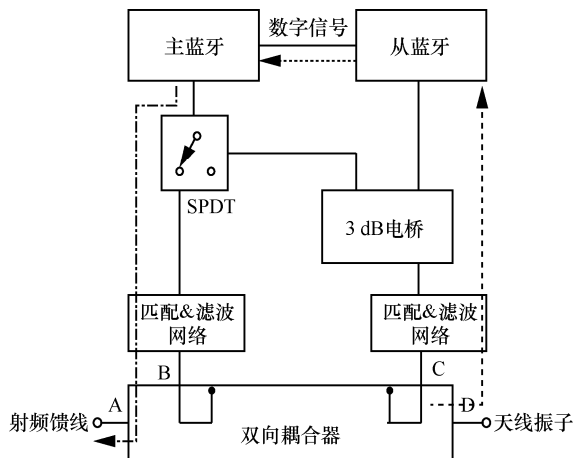


图 7 上行蓝牙定位和上行物联收集功能（高频次）

两种：一种是通过广播发送数据信息；另一种需要外部蓝牙与从蓝牙建立全连接后进行数据传送。从蓝牙需要根据信息传输类型对两种模式在时间上进行合理分配。

主蓝牙的工作模式主要有下行蓝牙定位、从蓝牙信息回传、链路损耗检测信息（以下统称为下行蓝牙信息）。主蓝牙信号流向天线端时，主要辐射下行蓝牙定位信号，属于高频广播，一般广播间隔为 500 ms，每次广播信号占用 3 ms。主蓝牙信号流向蓝牙网关时，主要是从蓝牙信息回传和链路损耗检测。其中从蓝牙信息回传又可以分为广播模式回传和数据模式回传，广播模式回传主要是回传一些数据量较小的广播分组。当从

蓝牙接收到的广播数据及点对点传输信息量较大时，则需要通过数据回传，这就需要主蓝牙与蓝牙网关建立数据连接信道。主蓝牙可以将从蓝牙传输过来的碎片式广播信息以及数据信息整合后，按照预设间隔回传至蓝牙网关，如 10 ms/20 ms/50 ms 间隔。当数据信道传输结束后，蓝牙自动切换为静默模式，直到下一个周期下行蓝牙信息广播启动。链路损耗检测模式属于低频广播，仅在需要时启动该功能。

上行蓝牙信息收集和上行蓝牙信息回传在时间上可以并行工作，很好地满足了部分物联信息实时回传要求，如图 8 所示。从理论上一颗蓝牙也可以分时工作在数据收集和发送模式，但是不能满足实时性要求较高的业务，例如上行定位、应急信息收集等。另外，当外部上行定位需求较多或者物联信息上报需求较多时，一颗蓝牙芯片在信息容量和处理效率方面也将面临巨大挑战。

5 智慧医疗应用案例

本文以智慧医疗应用为例，详细阐述通信·导航·物联一体化 5G 室内通信网络在垂直行业中发挥的巨大作用。为了促进和规范全国医院信息化建设，国家卫生健康委员会规划与信息司于 2018 年

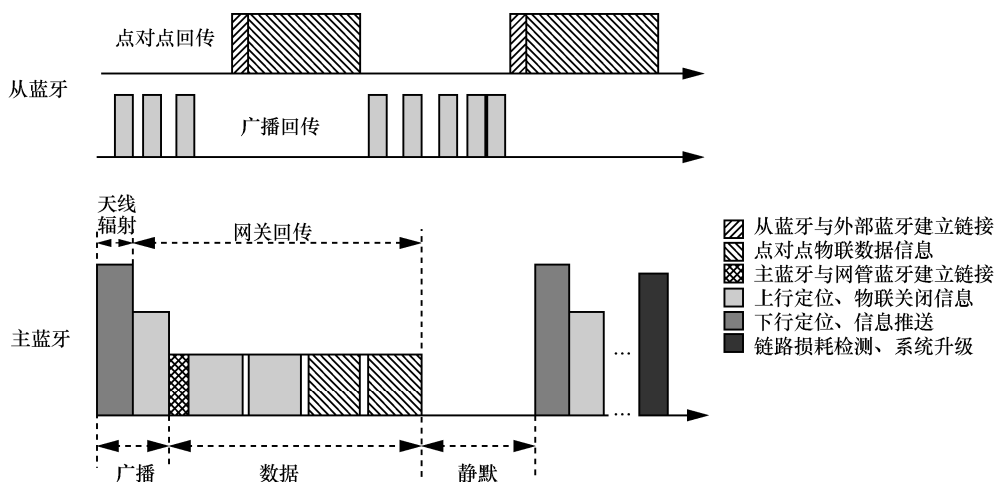


图 8 工作时序流程



4月发布了《全国医院信息化建设标准与规范（试行）》^[14]，明确要求三级甲等和乙等医院必须提供院内导航和患者定位服务。2019年3月，国家卫生健康委办公厅发布了《医院智慧服务分级评估标准体系（试行）》^[15]，再次明确医院需为患者提供院内定位与导航服务。采用基于蓝牙技术的室内定位和物联网能力后，医院可以提供智慧导诊、设备管理、安防管理、后备保障和一键告警等服务，使得就医患者获得更好的就医体验，帮助医院节省人力物力，提高工作效率。

5.1 智慧导诊

如图9所示，就医患者可以在医院内通过微信“摇一摇”小程序等接入智慧医院服务平台进行挂号、检查、治疗、手术等预约服务。智慧室分天线可以获取每个就医患者的位置信息和挂号信息，当就医患者进入候诊区域时，管理平台通过室内定位技术对患者进行自动分诊排队。就医患者完成当前科室检查后，管理平台可以根据患者的治疗流程进行路线规划和导航，实现智慧导诊服务。

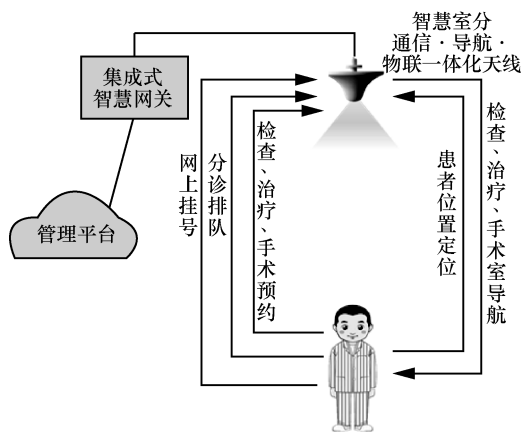


图9 智慧导诊功能

5.2 设备管理

为了提高医疗设备的使用效率，降低管理成本，可以在医疗设备上安装蓝牙信标，如图10所示。智慧室分天线通过蓝牙定位技术实时获取医疗设备位置，并为使用者提供寻物导航服务。对

于智能化医疗设备，可以通过其内置的蓝牙模块与智慧室分天线通信，实时上报设备状态信息，实现物联网信息收集功能。

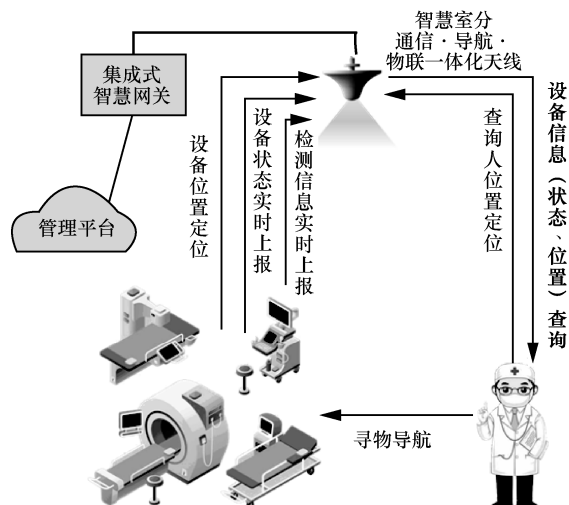


图10 设备管理功能

5.3 安防管理

管理平台通过身份识别对不同接入者进行不同业务授权，如图11所示。如通过对医院工作人员进行位置定位可以实现电子围栏考勤管理，根据病人身份信息和位置信息可以实现病房人员智慧化管理，根据访客位置信息可以进行人流疏导和人员跟踪等。当出现紧急情况时，管理平台可以实时向救援通道的门禁推送解锁信息，实现救援通道的无障碍通行。

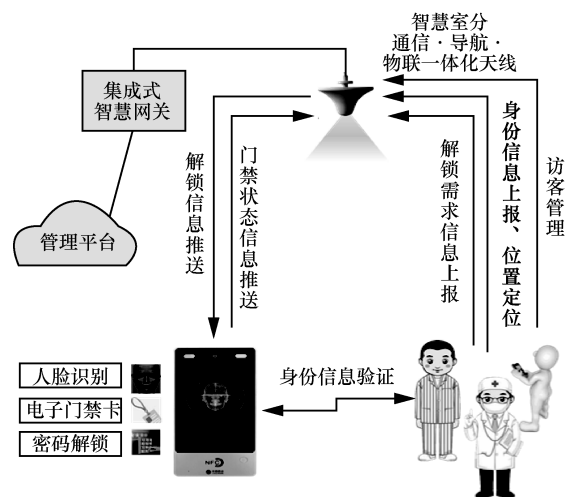


图11 安防管理功能

5.4 后备保障

智慧室分天线可以实时收集医院内的各种传感器信息,如无线温/湿度计、无线烟感等,根据物联网信息实时做出相应调整,提高后备保障水平,如图12所示。以温/湿度调控为例,智慧室分天线可以收集楼宇内的无线温/湿度计信息,管理平台根据数据分析结果对温/湿度过高或者过低的区域进行定位,并通过智慧室分天线向智能温/湿度调控系统发送调整指令,从而达到恒温恒湿的环境要求。

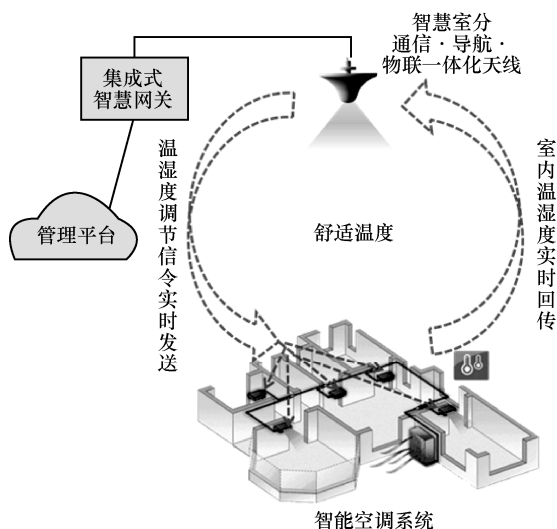


图12 后备保障功能

5.5 一键告警

当前部分地区存在医患关系紧张情况,当医生遇到突发情况时,可以通过安装在衣服内的蓝牙信标进行一键报警,如图13所示。智慧室分天线会获取一键告警者的位置信息,管理平台通过智慧室分天线向距报警区域最近的保安推送信息,并为保安提供一键告警的位置导航服务。同样,病人也可佩戴具备告警能力的蓝牙信标,一键报警触发后,病人状态和位置信息快速上报管理平台,便于医生及时安排急救。

6 结束语

本文提出了一种通信·导航·物联一体化5G室

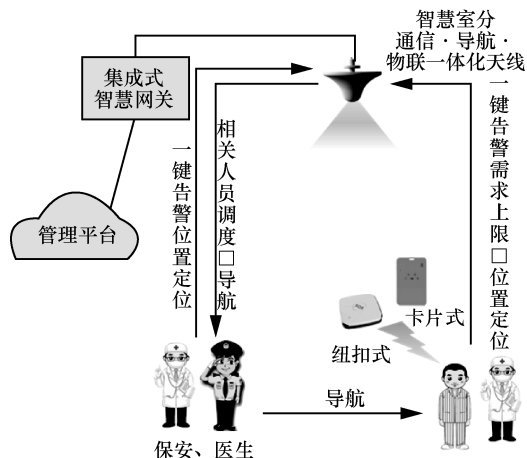


图13 一键告警功能

内通信网络,5G室内基站外接多副内置蓝牙信标的室分天线,外部集成蓝牙网关实现供电和监控功能,通过灵活配置蓝牙信标工作状态,可以支持室内定位和物联网功能,实现了“一网多用”目标。接下来,详细介绍了通信·导航·物联一体化室分天线,其中主蓝牙负责实现下行蓝牙定位、广告信息推送、链路损耗检测等功能,从蓝牙负责实现上行物联收集和上行蓝牙定位等功能。最后,以智慧医疗应用为例,详细介绍了通信·导航·物联一体化5G室内通信网络可以为医院提供智慧导诊、设备管理、安防管理、后备保障和一键告警等服务。

参考文献:

- [1] 程锋,刘桃,傅亮.流量经营陷入困境,5G时代如何转型[J].通信企业管理,2018(11):26-28.
CHENG F, LIU T, FU L. Traffic management is in trouble, how to transform in the 5G era[J]. C-Enterprise Management, 2018(11): 26-28
- [2] 舒文琼.运营商流量经营接近天花板 内容经营如何另辟蹊径[J].通信世界,2018(19):14-15.
SHU W Q. Operator traffic management close to the ceiling, how to manage the content[J]. Communications World, 2018(19): 14-15.
- [3] 刘洪.后4G时代运营商的流量经营转型[J].通信企业管理,2018(9):18-21.
LIU H. Operator's traffic management transformation in the post 4G era[J]. C-Enterprise Management, 2018(9): 18-21.
- [4] 夏旭.当5G遇到垂直行业 会擦出怎样的火花[J].通信世界,



- 2019(5): 33-35.
- XIA X. When 5G encounters vertical industry, what kind of spark will be wiped out?[J]. Communications World, 2019(5): 33-35.
- [5] 陈琴. 5G 更大机会在垂直行业—专访中国移动研究院无线与终端技术研究所首席专家刘光毅[J]. 中国投资, 2019(7): 76-77.
- CHEN Q. 5G greater opportunities in vertical industry—Interview with Liu Guangyi, chief expert of wireless and terminal technology research institute of CMRI[J]. China Invertment, 2019(7): 76-77.
- [6] Markets and Markets. Indoor location market by component (technology, software tools & services), deployment mode (cloud & on-premises), application, vertical (transportation, hospitality, entertainment, retail & public buildings), & region - global forecast to 2022[R]. 2016.
- [7] IndoorAtlas. The rise of indoor positioning[R]. 2016.
- [8] 智研咨询集团. 2019-2025 年中国物联网产业链市场运营态势及发展前景预测报告[R]. 2018.
- Zhiyan Consulting Group. Forecast report on the operational situation and development prospect of China's IoT industry chain market in 2019-2025[R]. 2018
- [9] 陈诗军, 王慧强. 带内高精度定位网系统及其关键技术[J]. 电子科学技术, 2017, 4(1): 93-101.
- CHEN S J, WANG H Q. High Precision Inband Positioning Network System and Key Technologies[J]. Electronic Science & Technology, 2017, 4(1): 93-101.
- [10] 张欣旺, 王东, 基于运营商网络的室内定位技术及应用研究[J]. 互联网天地, 2018, (9): 34-41.
- ZHANG X W, WANG D. Research on indoor positioning technology and application based on operator network[J]. China Internet, 2018, (9): 34-41.
- [11] 张云勇, 贾雪琴. 物联网业务发展挑战及NB-IoT 运营策略[J]. 物联网学报, 2017, 1(1): 76-80.
- ZHANG Y Y, JIA X Q. Low power enabled IoT services faced challenges and NB-IoT operation strategies[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2017, 1(1): 76-80.
- [12] 冯立华, 程刚. 电信运营商在窄带物联网的机遇、挑战及对策[J]. 信息通信技术, 2017(11): 7-11.
- FENG L H, CHENG G. Opportunities, challenges and counter-measures of telecom operators in narrowband Internet of things[J]. Information and Communications Technologies, 2017(11): 7-11.
- [13] 鲁娜, 朱雪田. NB-IoT 运营商面临的机遇与挑战[J]. 中兴通讯技术, 2017(23): 29-31.
- LU N, ZHU X T. Opportunities and challenges faced by NB-IoT operators[J]. ZTE Technology Journal, 2017(23): 29-31.
- [14] 国家卫生健康委员会规划与信息司. 全国医院信息化建设标准与规范 (试行) [EB]. 2018.
- National Health and Wellness Commission Planning and Information Division. National hospital information construction

standards and norms (trial) [EB]. 2018.

- [15] 国家卫生健康委办公厅. 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) [EB]. 2019.
- National Health and Wellness Commission Office. The general office of the national health and health commission on printing and distributing the hospital's smart service grading evaluation standard system (trial)[EB]. 2019.

[作者简介]



张欣旺 (1984-), 男, 博士, 中国移动通信有限公司研究院研究员, 主要研究方向为 4G/5G 室内基站架构研究与产品规划、室内定位技术研究及行业应用。



董佳 (1987-), 女, 中国移动通信有限公司研究院研究员, 主要研究方向为天线技术及信息化、室分系统等。



邹司晨 (1995-), 男, 中国移动通信有限公司研究院研究员, 主要研究方向为天线技术及通信系统。



王东 (1984-), 男, 中国移动通信有限公司研究院研究员, 主要研究方向为无线网络产品规划和解决方案。

邓伟 (1978-), 男, 中国移动通信有限公司研究院无线与终端所副所长, 主要研究方向为通信系统。

丁海煜 (1976-), 男, 中国移动通信有限公司研究院无线与终端技术研究所所长、高级工程师, 主要研究方向为 4G (TD-LTE)、物联网 (NB-IoT)、5G 等。