

DOI:10.16356/j.1005-2615.2021.03.001

## 基于北斗系统的物联网技术与应用

谢 军, 庄建楼, 康成斌

(中国空间技术研究院, 北京 100094)

**摘要:** 2020 年 7 月 31 日, 中国北斗三号全球卫星导航系统全面开通服务, 成为信息社会万物互联和万物智能的基础。本文结合中国北斗三号系统的服务类型与物联网应用北斗的主要模式, 通过对物联网架构和关键技术的分析, 提出了以北斗定位和时间基准数据为主要感知信息, 以北斗短报文等特色服务为主要信息传输手段, 融合互联网和人工智能技术的北斗物联网技术架构。总结分析了北斗各类服务在物联网相关领域的应用, 提出了“物联网+北斗”的应用模式, 以智慧城市、智能交通等典型应用为例, 分析了北斗物联网技术的挑战, 给出了初步发展建议, 展示了中国北斗系统作为创新驱动发展的新动能。

**关键词:** 北斗系统; 物联网; “物联网+北斗”应用模式

**中图分类号:** V19      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-2615(2021)03-0329-09

## Internet of Things Technology and Application Based on Beidou System

XIE Jun, ZHUANG Jianlou, KANG Chengbin

(China Academy of Space Technology, Beijing 100094, China)

**Abstract:** China's Beidou-3 global satellite navigation system, short for Beidou system (BDS), was fully operational on July 31, 2020, which has become the basis of the interconnection and intelligence of all things in the information society. Based on the analysis of the architecture and key technologies of Internet of Things (IoT), the service types of BDS, and the main mode of BDS applications in IoT, this paper proposes a BDS-IoT technology architecture, which takes BDS's positioning and timing as the main perception information, takes the short message and other characteristic services as the main information transmission means, and integrates Internet and artificial intelligence technology. Then, the typical application of BDS services in the IoT field is further analyzed, and the application mode of “IoT + BDS” is put forward. Finally, taking smart city, intelligent transportation and other applications as examples, the challenge of BDS is analyzed, the development advice is given, and the new driving force of BDS for innovation driven development is proved.

**Key words:** Beidou system (BDS); Internet of Things (IoT); “IoT+BDS” application mode

自 20 世纪 90 年代以来, 物联网 (Internet of things, IoT) 技术得到了飞速的发展, 被称为继计算机、互联网和移动通信网络之后的又一次信息技术革命<sup>[1]</sup>。物联网是通过信息传感设备, 按照约定的协议, 把任何物品与互联网连接起来进行信息交

换和通信, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的过程与技术。物联网技术融合了感知技术和网络技术, 建立在高新科技迅猛发展和网络覆盖无所不在的基础之上。作为能够使万物互联的一个全新技术, 物联网正在给我们的生产、生活方式

**收稿日期:** 2021-03-30; **修订日期:** 2021-05-07

**作者简介:** 谢军, 男, 研究员、俄罗斯宇航科学院院士、航天科技集团公司科技委常委, 北斗卫星导航系统专项工程副总设计师, 北斗卫星首席总设计师, 主要从事卫星导航技术和空间电子载荷技术研究, 成功完成了 40 余颗北斗卫星的研制和发射。获国家科技进步特等奖 1 项, 军队和部级科技进步一等奖 3 项, 三等奖 3 项, 出版专著 4 部, 发表论文 40 余篇。

**通信作者:** 谢军, E-mail: xiejun99999@163.com。

**引用格式:** 谢军, 庄建楼, 康成斌. 基于北斗系统的物联网技术与应用[J]. 南京航空航天大学学报, 2021, 53(3): 329-337. XIE Jun, ZHUANG Jianlou, KANG Chengbin. Internet of things technology and application based on Beidou system [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2021, 53(3): 329-337.

带来深刻变化。

时空信息是物联网领域智能感知的刚性需求,卫星导航作为时空基准的空间基础设施,具有统一、精确、易用及廉价的独特优势,起到了统一时空基准下获取用户或物体时间信息和位置信息服务的重要作用,并以其覆盖范围大、精度高、应用领域广和获取成本低等优势为物联网的发展提供时空信息支持。

中国北斗卫星导航系统(Beidou navigation satellite system, BDS)的建设和物联网的发展几乎同时起步,成为世界四大卫星导航系统之一,包括北斗二号区域导航系统(以下简称北斗二号系统)和北斗三号全球卫星导航系统(以下简称北斗三号系统)。2020年7月31日,中国北斗三号系统全面开通服务,可为全球用户提供全天候、全天时、高精度的基本定位、导航和授时(Positioning, navigation, and timing, PNT)服务和其特有的高精度与短报文通信等特色服务,已经广泛融入国民经济和国防安全的各类核心基础设施中,促进了社会生产方式变革和产业结构升级,成为信息社会万物互联和万物智能的基础。

北斗系统建设初期就有学者提出北斗系统与物联网技术融合发展的构想。2011年潘程吉等<sup>[2]</sup>对北斗系统在物联网感知层和网络传输层的应用进行了展望,赵凯等<sup>[3]</sup>提出了以北斗系统作为网络传输层的物联网体系架构设想。但是,早期研究尽管认识到北斗系统PNT服务和信息传输在物联网体系中可发挥的作用和重要地位,但尚未系统提出基于北斗系统的物联网技术架构。

随着北斗系统建设的推进,具有北斗特色的物联网在建筑、海洋渔业、智能交通、野外勘探、物流监测、农业种植及能源电力等行业得到了广泛应用。在大多数应用场景下,北斗系统仅提供了物联网所必须的PNT信息,并未深度参与网络的构建。这些应用场景根据所采用信息传输手段的不同可大致分为3种类型:第1种采用非北斗系统的移动通信、Wi-Fi、Zigbee等通信技术<sup>[4-5]</sup>;第2种采用北斗系统的短报文通信技术<sup>[6-8]</sup>;第3种则兼有前两种类型的信息传输手段,以移动通信等为主,以短报文通信为辅<sup>[9-11]</sup>。

本文结合中国北斗三号系统的服务类型及物联网应用北斗的主要模式,分析了物联网架构和关键技术,提出了融合互联网和人工智能技术的北斗物联网技术架构;总结了北斗各类服务在物联网各个领域的应用,提出了“物联网+北斗”的应用模式;分析了北斗物联网技术的挑战并给出了下一步

研究的初步建议,展示了北斗系统在促进各行业提高生产水平、加快信息化产业升级等方面发挥的巨大作用。

## 1 北斗系统及其服务功能

### 1.1 卫星导航系统的建设

卫星导航系统结合航天科学技术和时空基准要求,利用空间分布的多颗卫星组成星座,在统一时间和位置坐标系中,通过地面站对卫星位置与轨道精确测量,将卫星作为标准位置与时间的导航台站,以播发无线电导航信号为载体,将时空基准信息广泛传递给覆盖范围内的无限用户。可以说,卫星导航系统是信息社会万物互联和万物智能的基础。

中国北斗卫星导航系统坚持“自主、开放、兼容、渐进”的原则,着眼于国家安全和经济社会发展需要,自主建设、独立运行,是为全球用户提供全天时、全天候、高精度的定位、导航和授时服务的国家重要空间基础设施<sup>[12]</sup>。按照全球范围提供基本导航定位授时服务、中国及周边地区提供特色服务的要求,在北斗二号系统区域星座基础上,北斗三号系统设计采用“3GEO+3IGSO+24MEO”卫星组成的混合星座<sup>[13-14]</sup>。北斗三号系统星座构型如图1所示。

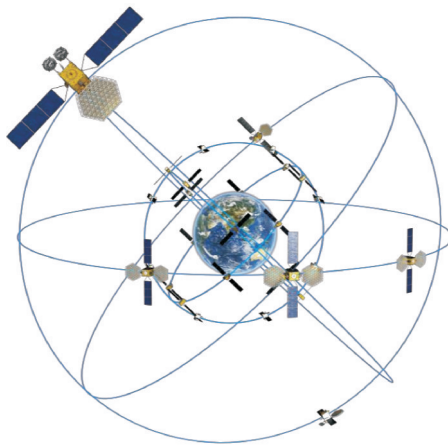


图1 北斗三号系统星座示意图

Fig.1 Sketch of the BDS-3 constellation

### 1.2 北斗系统的基本服务

目前,北斗系统已提供PNT和信息传输两大类7种基本服务<sup>[15]</sup>。PNT类具体包括基本导航(RNSS)、星基增强(SBAS)、地基增强(GBAS)及精密单点定位(PPP)四种服务;信息传输类具体包括区域短报文通信(RSMC)、全球短报文通信(GSMC)和搜索救援(SAR)三种服务。其中,RNSS、GSMC、SAR三种服务覆盖全球,SBAS、

GBAS、PPP和RSMC仅覆盖中国及周边地区。北斗系统提供的服务性能如下:

(1)基本导航服务:在地球表面近地空间1 000 km以下范围,北斗三号系统可以提供基本导航服务,空间信号精度优于0.5 m;全球定位精度优于10 m,测速精度优于0.2 m/s,授时精度优于20 ns;亚太地区定位精度优于5 m,测速精度优于0.1 m/s,授时精度优于10 ns。北斗三号系统基本导航服务于2018年12月正式面向全球开通<sup>[16]</sup>。为了确保从北斗二号系统到北斗三号系统的平稳过渡,北斗三号系统在区域范围内保留了北斗二号系统B1I、B3I等导航信号,与全球系统设计的新型导航信号混合播发,保证已有北斗二号系统用户的正常使用和升级<sup>[17]</sup>。北斗三号系统按照与GPS、GLONASS、Galileo等其他全球卫星导航系统公开服务信号具备良好的兼容性与互操作的要求,优化设计了其播发的导航信号体制。目前,北斗三号系统播发的B1C、B2a和B3I空间信号接口控制文件已在中国北斗官网正式发布<sup>[18]</sup>。

(2)星基增强服务:通过地球同步轨道卫星配置卫星导航增强信号转发器,向用户播发星历误差、卫星钟差和电离层延迟等多种修正信息,实现对于原有卫星导航系统定位精度的改进和提升。系统按照国际民航组织标准建设,服务中国及周边地区用户,支持单频及双频多星座两种增强服务模式,实现一类垂直引导进近(APV-I)指标和一类精密进近(CAT-I)指标。目前北斗星基增强系统服务平台已基本建成,即将开展民航应用验证评估工作,定位精度实测值水平优于1.13 m,高程优于1.81 m。

(3)地基增强服务:通过在地面按一定距离建立的若干固定北斗基准站接收北斗导航卫星发射的导航信号,经通信网络传输至数据综合处理系统,处理后产生北斗导航卫星的精密轨道和钟差、电离层修正数、后处理数据产品等信息,通过卫星、数字广播及移动通信等方式实时播发,并通过互联网提供后处理数据产品的下载服务。目前已在我国范围内建设155个框架网基准站和2 200余个区域网基准站,可提供实时米级、分米级、厘米级和后处理毫米级增强定位服务。

(4)精密单点定位服务:通过北斗三号GEO卫星播发北斗三号系统和其他全球卫星导航系统精密轨道和钟差等改正参数,为中国及周边地区用户提供导航服务。目前系统已通过3颗GEO卫星播发精密单点定位信号,定位精度实测值水平优于15 cm,高程优于30 cm,收敛时间优于15 min。

(5)区域短报文通信服务:服务中国及周边地区,入站容量可达到1 200万次/h,出站容量可达到600万次/h,用户机发射功率降到1~3 W,单次报文长度达1 000个汉字。同时,通过在部分卫星上配置可动点波束,使得服务范围拓展到印度洋和太平洋。目前基本完成区域短报文服务平台建设,推动短报文与移动通信有机融合,进一步发挥北斗系统导通融合服务优势。

(6)全球短报文通信服务:利用北斗系统“全球覆盖、星间互联”的特点,通过在部分中轨道卫星配置基于处理转发体制的报文通信接收机,将短报文通信服务能力拓展到全球,实现对全球范围15°仰角双重覆盖、30°仰角单重覆盖,为全球用户提供试用服务,支持报文通信、位置报告和应急搜救等业务。系统服务业务容量为入站34万次/h,出站22万次/h;每条报文的最大长度不超过40个汉字(560 bit),用户机终端的发射功率为10 W左右。

(7)搜索救援服务:北斗三号系统通过在部分卫星上搭载国际海事搜救载荷设备,按照国际搜救卫星组织标准,与其他卫星导航系统共同组成全球中轨搜救系统,同时提供北斗特色的返向链路服务,极大提升搜救效率和能力。

## 2 物联网技术

物联网的起源可追溯到1993年,此后经过长时间的酝酿,2005年国际电信联盟在《Internet Reports 2005: The Internet of Things》中正式提出了物联网的概念,即“任何时刻、任何地点、任意物体之间的互联,无所不在的网络和无所不在的计算”。时至今日,物联网技术已经取得了长足的进步和发展,其广阔的应用前景受到了世界各国的高度关注。

物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体,让所有能够被独立寻址的普通物理对象之间形成互联互通的网络,可以视为互联网的延伸和扩展。人们通过物联网的应用可以获得一个新的沟通维度,即从任何时间、任何地点的人与人的沟通联接扩展到了人与物、物与物之间的沟通联接。物联网的概念包括3层含义:(1)物联网现阶段的基础还是互联网,只是在现有互联网基础上延伸和扩展的网络;(2)物联网用户端扩展和延伸到了任何人和人、人和物、物和物之间进行的信息交换和通信;(3)在前两点的基础上,能够实现对物理世界的实时感知与控制、精确管理和科学决策。

物联网的架构可划分为3层<sup>[19]</sup>,从下到上分别为:感知层、网络层、应用层,如图2所示。

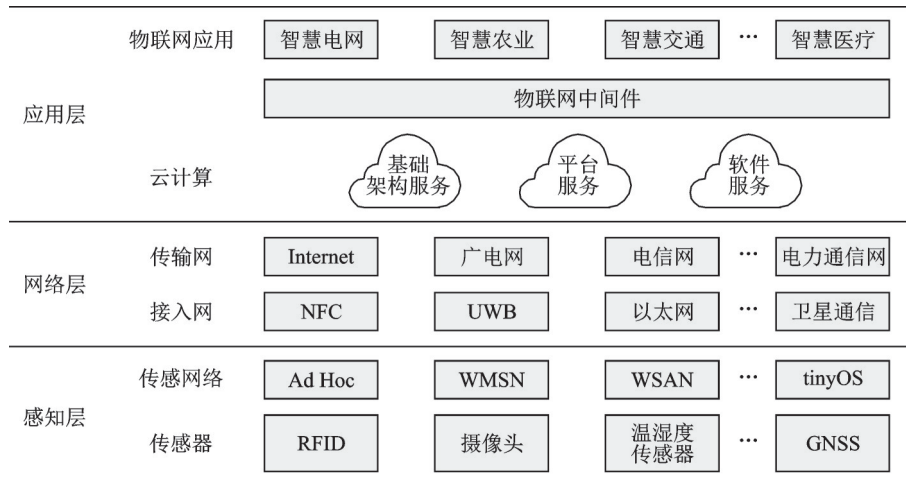


图2 物联网架构示意图

Fig.2 Sketch of IoT architecture

感知层包含各种传感器及传感器组成的传感网络,如射频识别(RFID)、摄像头、温湿度传感器、全球卫星导航系统(GNSS)、自组织网(Ad Hoc)、无线多媒体传感网络(WMSN)、无线传感器和执行器网络(WSAN)、传感操作系统(如tinyOS)等。网络层又分为接入网和传输网,前者用于实现物理层的接入,如近场通信(NFC)、超宽带(UWB)、以太网、卫星通信等,后者是物联网的基础,即包括互联网、广电网、电信网、电力通信网等在内的信息网络。应用层可划分为云计算、物联网中间件、物联网应用3个层次:云计算可利用各种智能计算技术,对海量的感知数据和信息进行分析并处理,实现智能化的决策和控制,具体提供基础架构服务、平台服务、软件服务;物联网中间件用于对各种通用的计算能力进行统一封装;物联网应用包含各类与具体行业需求结合的智能应用,例如智慧电网、智慧农业、智慧交通、智慧医疗等。

物联网关键技术需要跨越物联网架构的多个层次,其关键技术分布在如下几个方面:

(1)物体信息感知技术:包括标识、寻址及可供感知的信息等,在感知层涉及芯片、RFID、二维码、传感器、识别器、定位、授时和低功耗等技术,在网络层则利用了IPv6技术,具有区别每一个硬件的能力。其中,RFID由于具有标识物体的能力,曾是早期物联网的技术基础。

(2)物体信息传输技术:包括传感网络、卫星通信、互联网及机器对话(M2M)等技术,也大量利用了传统网络中物理层和数据链路层的技术。其中传感器网可视作是物联网的代名词,机器对话贯穿了物联网的所有层,是物联网现阶段最普遍的应用形式。

(3)物体信息智能处理技术:包括模糊识别、云计算、机器学习和人工智能等技术,用于对海量感

知数据的分析处理。物联网的感知和智能,是对人类智力的仿生,也是物联网的本质特征之一。

在以上技术中,一部分是采用传统网络和计算的通用技术,另一部分则是物联网所独有的关键技术,主要包括识别技术、定位技术、传感技术、传感网络技术和物联网应用技术等。

由于物体处于时空之中,物体所处的空间坐标和时间信息是物体在标识过程中不可缺少的基本属性。移动通信蜂窝网络定位、卫星定位、室内定位(如Wi-Fi、蓝牙、UWB)等技术在物体定位(授时)技术的基础上得到开发和利用。其中,基于GNSS的卫星定位技术可提供全球性大尺度的时空基准,能够为物体提供定位和授时等基本的感知信息,还能够为某些物联网应用提供频率基准和信息传输等功能,日益成为物联网的重要支撑技术,对未来物联网的发展和應用必将起到至关重要的作用。

### 3 基于北斗系统的物联网技术

据统计,当今信息化社会中80%以上的信息数据都与位置和时间相关。北斗系统本质上是全球化的天基时空基准,是构建信息社会必不可少的信息来源和信息提供者。北斗系统提供的精准时间和位置信息可为广泛的用户提供定位、授时、授频等可感知信息,是信息时代最为核心的关键基础数据。

自北斗系统2012年底正式提供区域服务以来,北斗卫星导航定位的应用逐步推广,继交通、海事、电力、民政、气象和渔业等传统行业之后,北斗应用也走向普通民众生活,如共享单车、双频北斗高精度智能手机等。2020年7月31日北斗全球卫星导航系统全面建成开通,形成了包括基础产品、应用终端、运行服务等较为完整的北斗产业体系,呈现快速发展局面。

同时,北斗系统还是中国重大信息基础设施,具有全球短报文通信、星间星地链路等数据传输手段,提供了全球范围内的信息传输服务,进一步为用户提供了天基时空基准感知信息以及其他各类

感知信息的传输手段。因而,北斗系统能够在物联网架构的感知层和网络层都发挥作用,并在应用层与人工智能、云计算等技术融合,形成基于北斗的物联网技术架构,如图 3 所示。



图 3 基于北斗系统的物联网技术架构示意图

Fig.3 Architecture sketch of the IoT technology based on BDS

在感知层,北斗定位终端、授时终端、授频终端和常规传感器构成了传感器子层,RTK网络、常规传感器网络等构成了传感网络子层。在网络层,北斗系统的全球短报文通信、区域短报文通信、星地链路和国际搜救业务等构成了北斗卫星接入网;接入北斗系统的时空感知信息或业务数据信息通过北斗星间链路覆盖全球,可以作为互联网、移动通信网的延伸和重要补充,一起构成了传输网。在应用层,对时空信息进行处理和计算的人工智能与云计算构成了北斗智能子层,在此基础上构建了“+北斗”应用子层,孵化出大批以“+北斗”为特征的物联网应用,如“交通+北斗”“智能穿戴+北斗”“物流+北斗”“电力+北斗”等。

近年来,随着物联网技术、计算机技术、网络通信技术和人工智能技术的飞速发展,终端接入、感知和计算能力不断提升,人类对于北斗高精度服务的需求正从事后走向实时和瞬间、从静态走向动态和高速、从粗略走向精准和完备。特别是当人工智能引领新一轮技术革命以来,由北斗高精度服务提供的时空信息成为了智能化进程的重要推动力。通过将北斗系统取得的位置点、位置关系、时间统一和时空分析这些时空元素与物联网、互联网、云计算、大数据和人工智能等信息技术有机结合,必将对万物互联的智能时代起到巨大的支撑和推进作用。

北斗系统作为物联网的一个重要组成部分,主要在感知和网络两个层面体现出优势。在感知层方面,北斗的定位和授时功能可完成精准时间信息和位置信息感知;在网络层方面,北斗短报文通信功能可实现感知信息和控制信息的全天候、全天时及无缝传递。

根据有关研究统计,当前物联网应用主要可划分为 10 大领域<sup>[20]</sup>,即智慧物流、智能交通、智能安防、智慧能源(智慧电网)、智能医疗、智慧建筑、智能制造(智能工业)、智能家居、智能零售和智慧农业,此外智慧城市和智能防灾等新的应用也在不断地丰富物联网的应用领域。北斗系统提供的每一项服务都能够密切地参与到多个领域的物联网应用,形成了“物联网+北斗”的应用模式,如图 4 所示。

## 4 “物联网+北斗”的典型应用

### 4.1 “物联网+北斗”构建智慧城市

智慧城市是指利用各种信息技术或创新概念,将城市的系统和服务打通、集成,以提升资源运用的效率,优化城市管理和服务,并且改善市民生活质量。

“物联网+北斗”的融合创新,是实现科技跨越发展、产业优化升级、生产力整体跃升的必然选择,更是推进技术创新和社会价值完美融合、构建“智慧城市”新格局的最佳途径之一。随着穿戴设备、

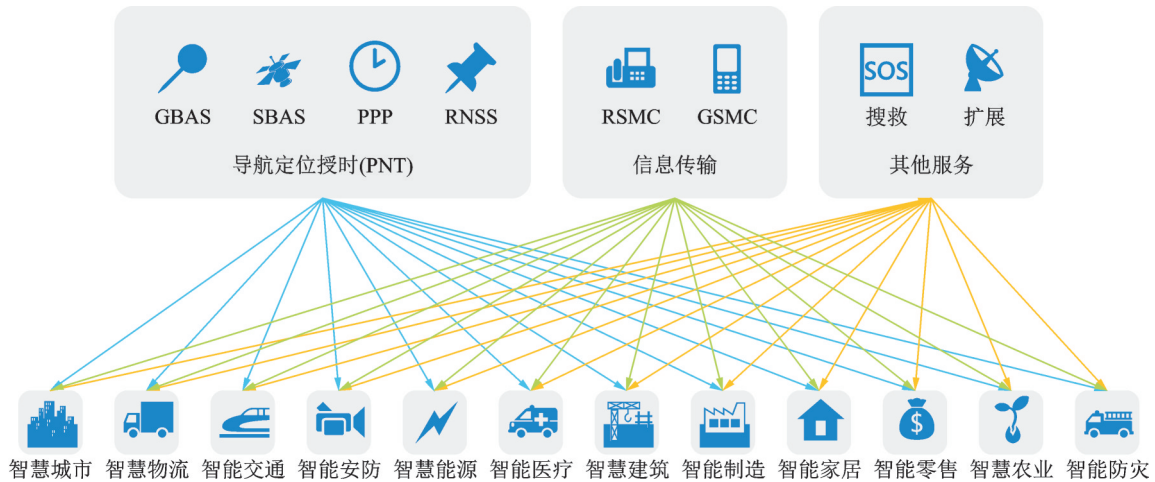


图4 “物联网+北斗”的应用模式

Fig.4 Application mode of “IoT + BDS”

智能制造以及其他各种智能硬件的兴起,“智慧城市”的概念逐步清晰和物化,涌现出了“北斗时空表”(某可穿戴产品)、“北斗魔盒”(某高精度定位终端)、“北斗约车”(某网约车APP)、“北斗菜”(某蔬菜物流APP)、“货车帮”(某物流平台网站)等融合北斗定位技术的产业新生态,推动了供给侧结构性改革,让应用从传统走向智能。此外,采用北斗IP核的华为等国产手机已投放市场;装有北斗接收芯片的老人、儿童智能手表在上海、南京等地的养老机构和小学校展开应用。“物联网+北斗”正在进入千家万户,给人们带来触手可及的应用服务。

4.2 “交通+北斗”实现智能交通

交通运输是北斗系统最大的民用用户。智能交通是将传感器技术、信息技术和人工智能等综合

运用于交通运输、服务控制和车辆制造的一种物联网应用技术,对卫星导航系统提供的定位导航授时和通信功能有着较强的需求。

截至2020年底,国内超700万辆道路营运车辆、超过30000辆邮政快递干线车辆、1400艘公务船舶已应用北斗系统,综合交通管理效率和运输安全水平全面提升,重特大事故发生起数下降93%,死亡率下降86%。北斗铁路行业综合应用示范工程项目正式启动,推广各型号北斗终端近8000台。约300架通用飞行器安装使用北斗系统,占比11%,运输航空器上成功实现了北斗首次应用。此外,已有10万只集装箱安装北斗定位终端,1万只应用于中欧班列。由中国交通运输部设立的“全国道路货运车辆公共监管与服务平台网站”如图5所示。



图5 全国道路货运车辆公共监管与服务平台网站

Fig.5 Website of public supervision and service platform for road freight vehicle

中国建造的首条智能高铁线路——京张高铁的智能动车组也采用北斗系统,其高精度定位技术还被用于京张铁路基础设施维护,对沿线桥梁、隧道、钢轨及路基等实行高精度、24小时全天候自动

化监测,大幅降低巡检成本与难度。

4.3 “5G+北斗”领跑车联网

“车联网”技术是指通过在车辆仪表盘安装车载终端设备,实现对车辆所有工作情况及静态、动

态信息的采集、存储和发送。车联网系统一般具有实时实景功能,利用移动网络实现人车交互。车联网还能利用先进的传感器及控制技术实现智能驾驶,降低交通事故发生率。

智能驾驶是未来汽车行业的重要增长点之一,其中高精度地图、自动驾驶和车路协同是智能驾驶发展的3大重要方向,北斗技术和服务在其中都起着至关重要的作用。各种感知技术与北斗技术的结合,是实现智能驾驶产业发展的关键。汽车要实现自动驾驶,高精度定位不可或缺,一般需要亚米级甚至厘米级的定位精度。但目前就室外来说,如卫星信号接收不到或卫星信号不稳定的高架桥下、隧道、林荫遮挡和城市峡谷等各类复杂场景,容易导致定位不精准。

5G作为新一代信息通信技术演进升级的重要方向,是实现万物互联的关键信息基础设施、经济社会数字化转型的重要驱动力量。相对于4G技术,5G将以一种全新的网络架构,提供峰值10 Gb/s以上的带宽、毫秒级时延和超高密度连接,实现网络性能新的跃升,开启万物互联的新时代。

为了提高城市复杂环境下的定位精度,未来北斗与5G结合为必然趋势。通过北斗地基增强系统、5G基站辅助定位构建“5G+北斗”高精度定位网络,能够提供厘米级定位服务,极大地扩展导航的范围,有效提升时空信息的精确度,为用户提供稳定可靠的服务;还可以进一步构建和丰富5G生态应用,以此打造全场景、高精度的位置感知,从而实现在这些复杂场景下的稳定、可靠、精准的定位。

未来车联网与“5G+北斗”相结合,既能够通过“5G+北斗”实现高精度实时定位与智能驾驶,又能够通过5G实现高速视频信息传输、行车信息和控制信息实时交互。因此,车联网成为“5G+北斗”的重要应用场景。

#### 4.4 “海洋渔业+北斗”扬帆远航

中国从事海洋渔业的渔船有一百多万艘。这些渔船出海后,离开了岸基通信与导航设施的覆盖范围,必须借助卫星导航进行航行。不同于GPS等卫星导航系统,北斗系统除了能够播发PNT信号,还能够通过短报文把渔船位置信息发送给地面运控中心,或者向渔民推送天气海况信息,实现渔业监控中心对渔情的掌控,为渔民提供生命安全保障,对促进渔业现代化管理和维护国家海洋渔业权益意义重大。通过地面运控中心接入互联网,渔民还可以用短报文发微博。可见,以北斗系统为基础建立的海洋渔业监控管理系统已经具备了简单的物联网的形态。

目前海洋渔业主要使用的是覆盖中国周边海域的区域大容量短报文通信服务,随着北斗三号系

统建成以及全球短报文通信服务的逐步普及,海洋渔业的安全保障将扩展到全球,并在北斗扩展服务和人工智能的支持下,与海洋运输、物流等产业结合,共同促进智慧渔业的发展。

#### 4.5 “物流+北斗”开启智慧物流

物流行业是最早大规模应用物联网技术的行业之一,促进了RFID等技术的发展。而RFID由于其所具有的标识物体的能力,也奠定了早期物联网的基础。智慧物流的目的是提高物流系统智能化分析决策和自动化操作执行能力,因此通过北斗系统获取物品的位置信息至关重要。

目前,国内已有多家电子商务企业的物流货车及配送员配备了北斗车载终端和手环。以北斗系统应用技术为核心,综合利用无线通信、现代物流配送规划等技术研发的基于北斗的电子商务云物流信息系统可实现对物流过程、交易产品、运载车辆的全面管理,极大地节约人力、物力和财力成本。

#### 4.6 “农业+北斗”加速智慧农业发展

智慧农业是指传统农业与信息技术相结合,实现无人化、自动化、智能化管理的物联网应用技术。北斗无人驾驶、高精度定位导航、系统监管等一系列新兴技术让起垄播种、土地深松、作物收割、秸秆还田等农业生产工序充满了现代科技的魅力,节省出更多的人力、物力和财力。例如:在北斗导航自动驾驶拖拉机上输入数据和方位,拖拉机就能在田间实现精准作业。与传统农机相比,单台北斗导航自动驾驶拖拉机日均作业量提高30%,作业后的条田接行准确、播行端直,精度可达2.5 cm,同时大幅降低了劳动强度,实现了舒适化操作。

目前,“农业+北斗”智慧农业应用足迹已遍布大江南北,北京、黑龙江、辽宁、新疆、山西、湖北、江苏、上海及浙江等省、市、自治区,逐渐享受到北斗带来的农业机械自动化的便捷。

#### 4.7 “电力+北斗”保障电网安全

智能电网是建立在通信网络的基础上,具有先进的传感和测量技术、先进的控制方法以及决策系统的物联网应用技术。电网安全关系国家经济安全和国防安全,是电网企业的“头等大事”。北斗系统可为智能电网、泛在电力物联网、能源互联网的建设提供导航定位、精密授时、短报文通讯服务等基础技术支持,是中国能源战略发展的有效支撑手段。

在北斗授时方面,电力调控领域及管理信息领域已全面应用北斗授时信号。在北斗授频方面,频率同步骨干网已全部接收北斗授频。在北斗导航及定位方面,试点建设了基于北斗的输电线路地质灾害监测评估预警体系,切实提升输电线路抵御自然灾害的能力,主动应对暴雨洪涝诱发地质灾害对输电线路的威胁。另外,国家电网和南方电网大力

开展电力北斗地基增强系统建设用于高精度服务,截至2020年底,已建设完成了约1700座电力北斗地基增强系统。在短报文方面,北斗系统在浙江、宁夏、甘肃及陕西等地进行了用电信息采集的试点应用,解决了偏远无公网覆盖区域通信手段匮乏及用电信息采集难问题,在河北秦皇岛开展了北斗系统支撑配网自动化试点应用,让“被动报修”变为“主动抢修”,试点区域故障发现时间同比缩短8 min,到达现场时间同比缩短10 min,抢修效率得到有效提升。

北斗系统用于电力领域,解决了部分省市无通信信号覆盖区域电力信息采集难的问题,有效解决了自然灾害可能导致公网通信瘫痪的难题;降低了供电故障率,电网运行更加安全;提高了电网系统的服务效率,缩短事故发生后的应急响应时间;提高了管理水平,降低了供电成本。

## 5 北斗物联网技术面临的挑战与发展建议

北斗系统与物联网技术的结合形成了一个应用生态,总体呈现蓬勃发展的态势,但也应看到,要真正发挥好北斗系统的作用,释放技术进步带来的创新动力,仍然面临诸多挑战,主要在于:(1)很多行业的北斗物联网应用仅仅是利用了北斗系统的PNT服务,并未广泛应用北斗系统特有的信息传输服务能力,如果把其替换为GPS,无本质上的不同;(2)北斗物联网应用的开发各自为战,缺乏标准体系的规范,同时造成一些重复开发和资源浪费;(3)北斗系统已经建成,但物联网技术仍在不断演进发展,例如与5G通信和人工智能技术的衔接,北斗系统面临地面应用与其他热点技术融合、在轨运维升级和下一代北斗建设规划的压力。对于上述挑战,本文给出了一些发展建议。

对于第1个问题,应认识到北斗系统具有物联网技术特征的重要因素是其具有信息传输服务的能力,尤其是北斗三号系统拥有全球短报文通信及高速骨干网星间星地链路,其信息传输能力比北斗二号系统大大提升,满足物联网用户低速和中高速信息传输的各类需求,充分利用信息传输服务可以丰富中国物联网产业内涵,并促使新的应用模式的不断涌现。由于北斗三号系统的这些新的服务对于社会行业用户来说还不够熟悉和了解,如何有效地推动北斗系统信息传输服务的应用,提升用户使用北斗系统信息传输服务的体验,是一个值得研究的问题。

对于第2个问题,应该进一步加强北斗物联网应用技术的标准化工作。北斗系统通过公开一系列服务的标准,自身已经形成了一套完备的技术规范,并且通过行业标准化逐步被民航、铁路、航海等

行业接纳。物联网技术也形成了一套标准体系,例如RFID、M2M、云计算等技术标准均被纳入,促进了物联网技术的发展。因此,一方面应该推动北斗物联网技术的标准化建设,通过总结和归纳成熟应用模式的经验和成果,让北斗物联网技术的生态环境摆脱低水平重复,健康有序发展。另一方面,应该推动北斗物联网应用中间件的开发,把基本的应用模式通过封装,接入云计算平台,使各行业用户能够直接调用相应接口,获得标准化的服务;推动建立北斗物联网技术开源社区,积聚开发者,使北斗物联网技术的开发趋于标准化。

对于第3个问题,应该准确把握物联网技术演进的脉搏,结合北斗物联网技术在地面应用中面临的实际问题,通过融合各类热点技术(如大数据、机器学习、人工智能等)提升北斗物联网技术应用的水平,并进一步形成北斗物联网技术融合创新、持续发展的态势。

中国下一代北斗系统建设已提上日程,将包括高中低3种类型轨道,尤其是低轨导航增强星座的规划,将以智能驾驶等物联网应用的商业价值为导向,发展高精度定位和信息传输技术,为车联网、智慧城市等物联网产业提供更有力的技术支撑。

## 6 结 论

本文结合中国北斗三号系统的基本服务,分析了基于北斗系统的物联网技术,提出了“物联网+北斗”的应用模式,并总结了各行业的典型应用。可以预期,“物联网+北斗”是对位置和时间信息的深度整合和利用,将促进各行各业加速产业升级,发挥巨大作用。

2035年前,中国将建成“更加泛在、更加融合、更加智能”的国家综合定位导航授时体系,为全球用户提供基准统一、覆盖无缝、安全可靠、便捷高效的PNT服务,也为未来智能化、无人化的万物互联提供核心支撑。在不远的将来,随着北斗系统定位精度提升,北斗终端小型化和电池续航能力提高,以及物联网技术商业模式日臻成熟,北斗系统将融入更为广泛的应用场景。基于北斗系统PNT服务和信息传输服务的“物联网+北斗”应用模式,将帮助更多行业实现跨越式发展,也必将为大众生活和社会生产活动带来深刻变革。

### 参考文献:

- [1] 强世锦. 物联网技术导论[M]. 北京:机械工业出版社, 2017.  
QIANG Shijin. Introduction of internet of things[M]. Beijing: China Machine Press, 2017.
- [2] 潘程吉, 汪勃. 北斗导航系统在物联网中的应用展望[J]. 遥测遥控, 2011, 32(6): 14-17.



- PAN Chengji, WANG Bo. Prospect of compass navigation system's application in internet of things [J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2011, 32(6): 14-17.
- [3] 赵凯, 张峰. 基于北斗卫星系统的物联网网络层体系架构设想[J]. 计算机系统应用, 2011, 20(5): 6-8.  
ZHAO Kai, ZHANG Feng. Assumption of system architecture for the internet of things based on beidou satellite system [J]. Computer Systems & Applications, 2011, 20(5): 6-8.
- [4] 颀啟奎. 基于LTE及北斗导航的物联网终端位置系统的研究与仿真[D]. 北京: 北京交通大学, 2014.  
JI Qikui. Research and simulation of IoT terminal location system based on Beidou navigation and LTE [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2014.
- [5] 丁一钧, 聂电开, 武存山. 基于北斗系统和物联网的野外图像采集设备防盗定位系统设计[J]. 物联网技术, 2020, 10(9): 31-32, 36.  
DING Yijun, NIE Diankai, WU Cunshan. Design of anti-theft positioning system for field image acquisition equipment based on Beidou system and internet of things [J]. Internet of Things Technologies, 2020, 10(9): 31-32, 36.
- [6] 梁嘉智. 北斗全频系统在物联网智控终端中的应用[J]. 物联网技术, 2017, 7(10): 64-66.  
LIANG Jiazhi. Applications of BDS full frequency system in IoT smart control terminals [J]. Internet of Things Technologies, 2020, 7(10): 64-66.
- [7] 李昊鹏, 陈立云, 卢昱. 基于北斗的军事物联网身份认证方案研究[J]. 计算机应用研究, 2018, 35(8): 2431-2434.  
LI Haopeng, CHEN Liyun, LU Yu. Research on identity authentication scheme based on Beidou in military internet of things [J]. Application Research of Computers, 2018, 35(8): 2431-2434.
- [8] 李博, 方彤. 北斗卫星导航系统(BDS)在智能电网的应用与展望[J]. 中国电力, 2020, 53(8): 107-116.  
LI Bo, FANG Tong. Application and prospect of Beidou navigation satellite system (BDS) in smart grid [J]. China Electric Power, 2020, 53(8): 107-116.
- [9] 刘迪, 张志荣. 基于北斗的铁路集装箱运输物联网应用系统研究[J]. 中国铁路, 2015(8): 42-46.  
LIU Di, ZHANG Zhirong. Application system of railway container transportation based on BDS [J]. China Railway, 2015(8): 42-46.
- [10] 俞巧君, 梁丰研, 潘瑾, 等. 基于北斗与蓝牙的物流监测系统设计测控技术[J]. 测控技术, 2016, 35(1): 50-52.  
YU Qiaojun, LIANG Fengyan, PAN Jin, et al. Design of logistics monitoring system based on bluetooth and BDS [J]. Measurement & Control Technology, 2016, 35(1): 50-52.
- [11] 罗晓勇. 北斗卫星导航系统在物联网中的应用分析[J]. 电子测试, 2017(10): 69-70.  
LUO Xiaoyong. The Beidou navigation system is applied in the Internet of things [J]. Electronic Test, 2017(10): 69-70.
- [12] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国北斗卫星导航系统白皮书[M]. 北京: 人民出版社, 2016.  
The State Council Information Office of the People's Republic of China. China BeiDou satellite navigation system [M]. Beijing: People's Publishing House, 2016.
- [13] 谢军, 王海红, 李鹏, 等. 卫星导航技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2018.  
XIE Jun, WANG Haihong, LI Peng, et al. Technology of satellite navigation [M]. Beijing: Beijing University of Technology Press, 2018.
- [14] 陈忠贵, 武向军. 北斗三号卫星系统总体设计[J]. 南京航空航天大学学报, 2020, 52(6): 835-845.  
CHEN Zhonggui, WU Xiangjun. General design of the third generation Beidou navigation satellite system [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2020, 52(6): 835-845.
- [15] 郭树人, 蔡洪亮, 孟轶男, 等. 北斗三号导航定位技术体制与服务性能[J]. 测绘学报, 2019, 48(7): 810-821.  
GUO Shuren, CAI Hongliang, MENG Yinan, et al. BDS-3 RNSS technical characteristics and service performance [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2019, 48(7): 810-821.
- [16] 冉承其. 北斗卫星导航系统建设与发展[J]. 卫星应用, 2019(7): 35-38.  
RAN Chengqi. Construction and development of Beidou satellite navigation system [J]. Satellite Applications, 2019(7): 35-38.
- [17] 谢军, 王金刚. 北斗-3卫星的创新和技术特点[J]. 国际太空, 2017(11): 4-7.  
XIE Jun, WANG Jingang. Innovation and technology characteristics of Beidou-3 [J]. Space International, 2017(11): 4-7.
- [18] 中国卫星导航系统管理办公室. 北斗卫星导航系统 [EB/OL]. [2021-03-15]. <http://www.beidou.gov.cn/xt/gfzx/>.
- [19] 中兴通讯学院. 信息通信技术百科全书[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015.  
ZTE College. Encyclopedia of information and telecommunication technology [M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2015.
- [20] 张朝阳, 崔燊, 闫桥, 等. 2018中国物联网应用研究报告[R]. 北京: 亿欧智库, 2018.  
ZHANG Chaoyang, CUI Can, YAN Qiao, et al. Research of the applications of China internet of things [R]. Beijing: EO Intelligence, 2018.