

doi:10.11959/j.issn.2096-3750.2017.00025

低轨卫星物联网的发展现状及面临的挑战

张更新¹, 揭晓², 曲至诚¹

(1. 南京邮电大学, 江苏 南京 210003; 2. 94860 部队, 江苏 南京 210018)

摘要: 针对物联网的万物互联需求, 研究了利用低轨卫星通信网建立物联网的发展背景, 分析了低轨卫星物联网的国内外发展现状, 重点阐述了低轨卫星物联网面临的技术挑战和需关注的研究内容。

关键词: 物联网; 低轨卫星通信; 低轨卫星物联网; 技术挑战; 发展现状

中图分类号: TN297+.23

文献标识码: A

Development status and challenges of LEO IoT

ZHANG Geng-xin¹, JIE Xiao², QU Zhi-cheng¹

(1. Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China; 2. Troop 94860, Nanjing 210018, China)

Abstract: According to the requirements of interconnection of all things, background of development of establishing IoT using the LEO satellite communication network is researched. The development status of LEO IoT at home and abroad is analyzed, and the technical challenges and research content of LEO IoT are discussed.

Key words: IoT, LEO communications, LEO IoT, technical challenges, development status

1 引言

物联网概念一经提出就成为研究的热点, 其应用已经涉及人类活动的各个领域, 根据 Machina Research 预测, 到 2025 年世界范围内的物联网连接将达到甚至超过 270 亿, 突显出巨大的潜力。工信部《物联网发展规划(2016-2020)》指出, 我国已成为全球物联网发展最为活跃的地区之一, 我国的物联网有着广阔的发展前景。但对于依靠无线接入的物联网来说, 除了要有物联网终端外, 必须要有一个由足够多的基站构成的通信网络。但是在地面布设基站及连接基站的通信网却受到诸多的限制^[1-3]: 1) 占地球表面大部分面积的海洋、沙漠等区域无法建立基站; 2) 用户稀少或人员难以到达的边远地区建立基站的成本将会很高; 3) 发生自然灾害时(如洪涝、地震、海啸等)地面网络容易被损坏。因此, 地面物联网的覆盖范围是有限的。

如果将基站搬到“天上”, 即建立卫星物联网,

使之成为地面物联网的补充和延伸, 则能够有效克服地面物联网的前述不足, 并具有下列优势: 覆盖地域广, 可实现全球覆盖, 传感器的布设几乎不受空间限制; 几乎不受天气、地理条件影响, 可全天时全天候工作; 系统抗毁性强, 自然灾害、突发事件等紧急情况下依旧能够正常工作; 易于向大范围运动目标(飞机、舰船等)提供无间断的网络连接等^[1-3]。

在卫星轨道的选择上, 相比于采用对地静止轨道(GEO)卫星, 采用低轨道(LEO)卫星实现物联网, 将能够降低传播时延, 提高消息的时效性; 减小传输损耗, 有助于终端的小型化; 通过多颗低轨卫星构成星座实现全球无缝覆盖(含两极), 提高物联网的覆盖范围; 实现见天通, 解决特定地形内(如到 GEO 卫星视线受限的城市、峡谷、山区、丛林等区域)通信效果不佳问题; 缓解 GEO 卫星轨道位置和频率协调难度大的问题^[1-3]。

因此, 近年来低轨卫星物联网得到了研究者的

收稿日期: 2017-11-18; 修回日期: 2017-11-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(No.91738201)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China(No.91738201)

广泛关注。

2 卫星物联网国内外发展现状

2.1 国外卫星物联网发展现状

作为卫星物联网的雏形,基于卫星通信系统实现数据采集、系统监控、跟踪定位、报文传递等方面的应用,在国外建成的典型系统主要有 Orbcomm 系统、ARGOS 系统和 LoRaWAN 系统等。

1) Orbcomm 系统

美国的“轨道通信”(Orbcomm)系统是一个商业化全球低轨卫星通信系统,该系统专门针对双向短数据传输,于 1997 年投入使用。

利用 Orbcomm 卫星通信系统,用户可以开展包括远程数据采集、系统监控、车辆船舶及移动设施的跟踪定位、短信息报文的传递、收发电子邮件等方面的应用。Orbcomm 系统的应用领域包含诸如交通运输、油气田、水利、环保、渔船和消防报警等。

2) ARGOS 系统

“高级研究与全球观测卫星”(ARGOS)系统由法国和美国联合建立,该系统利用低轨卫星传送各种环境监测数据,并对测量仪器的运载体进行定位,为高纬度地区的水文、气象监测仪器提供了一种很好的通信手段。

ARGOS 在全球大洋中每隔 300 km 布放一个由卫星跟踪的剖面漂流浮标,总计为 3 000 个,组成一个庞大的 ARGOS 全球海洋实时观测网。ARGOS 系统是一个典型的利用天基信息网络将人、平台和传感器互联的天基物联网系统,能快速、准确、大范围地收集全球海洋 0~2 000 m 的海水温度和盐度剖面资料,有助于更细致地了解大尺度实时海洋的变化,提高气候和海洋预报的精度,有效防御全球日益严重的气候和海洋灾害(如飓风、台风、龙卷风、冰暴、洪水和干旱,以及风暴潮、赤潮等)给人类造成的威胁。

ARGOS 系统的应用非常广泛,包括气候变化监测、海洋与气象监测、生物多样性保护、水资源监控、海上资源管理和保护等。

3) LoRaWAN 系统

国际移动卫星公司(Inmarsat)于 2017 年 1 月公布了与低功耗广域网(LPWAN)设备制造商 Actility 公司共同开发的基于 LoRaWAN 的物联网,实现了 Inmarsat 将物联网引进全球每个角落的发展战略。

该系统的服务涵盖了资产追踪、农业经营及石油和天然气领域,可利用物联网解决方案为偏远地区企业提高效率、降低成本以及创造新收益。

Inmarsat LoRaWAN 网络是世界首个全球性物联网网络,由 Actility Thing Park LPWA 平台提供支持。借助基于 LoRaWAN 的地面连接和卫星连接的骨干网,Inmarsat LoRaWAN 网络可帮助用户及合作伙伴以经济有效的方式将可在全球各地交付的物联网解决方案引入各行各业。该集成式平台提供端到端解决方案,可将站点特定数据传至云端应用进行分析处理,以提供行业洞察信息、支持决策制定,并为终端用户创造价值。

国外计划中的其他低轨卫星物联网系统还有:澳大利亚太空科技初创公司 Fleet 计划在 2018 到 2020 年发射 100 颗纳卫星;美国开普勒通信公司 Kepler 计划在 2022 年完成由 140 颗 Ku 波段纳卫星构成的空间网络部署,计划 2017 年发射前 2 颗卫星;加拿大 HeliosWire 公司计划发射 30 颗卫星构建空间物联网,利用 S 波段 30 MHz 带宽,支持 50 亿个传感器;俄罗斯 SPUTNIX 公司计划到 2025 年在近地轨道部署约 200 颗物联网技术卫星。

综上,由于卫星通信具有覆盖广、全天候工作以及抗毁性强等优点,国外已经开始建设基于卫星通信的物联网,在数据采集、监控、跟踪定位、报文传递等方面展现出良好的应用前景。

2.2 国内卫星物联网发展现状

虽然国外已经建成了一些卫星物联网系统,但国内还没有专门用于物联网的卫星通信系统。基于现有卫星和设施开展物联网应用的探索,如基于北斗的输变电设施远程监控和卫星数据链等应用。

我国在广西电网玉林变电站对基于卫星物联网的输变电设施远程监控系统进行试点应用。在变电站现场,监控终端包括主变监控终端、母线监控终端、断路器监控终端等,这些监控终端将采用卫星接入机、卫星小站、无线数据发射模块等与北斗卫星组成双向通信线路。位于南宁的广西电网设备监测与评估中心,可以通过卫星信道向监测终端发送数据采集周期、监测装置重启、监测装置自检、时间同步与校准等命令。另一方面,也可以接收监测终端发送来的监测数据,通过纵向分析、横向比对等方式判断被监测

的输变电设施的健康状态。通过北斗物联网在玉林站的应用,有效提高了该站输变电设施的运维效率,降低设施的运维成本,提高了设施的供电可靠性。

国内目前既有利用天通一号移动卫星通信系统进行物联网传输,又有利用低轨通信卫星实现物联网传输的计划,甚至已经有机和企业发射了一些用于物联网的低轨通信卫星,但主要以技术实验为主,尚不能开展规模化的商业应用。

综上,国内外已经掀起了地面物联网研究和建设的高潮,也已有关于卫星物联网的尝试,但其出发点主要在于基于卫星通信系统实现物联网应用,其重点在于通信链路和传输通道的设计和建设,而没有从云、网、端 3 个方面进行面向物联网应用的低轨卫星物联网综合设计,因此,还不能向用户提供完整的物联网解决方案。

3 低轨卫星物联网面临的技术挑战和需关注的研究内容

与地面物联网相比,低轨卫星物联网的特殊性主要是传输信道不同,即利用低轨通信卫星作为中继来实现物联网信息的传输。因此,采用低轨卫星实现物联网主要面临以下一些技术挑战^[3-6]。

1) 一个地面基站的覆盖范围一般在数公里量级,而一颗卫星的覆盖范围通常在数千公里量级,需服务的终端数量巨大。

2) 由于低轨卫星围绕地球做高速运动,卫星波束将以每秒几公里的速度掠过地面,不仅引起较大的多普勒频移,还会导致网络连接关系动态变化和频繁切换。

3) 地面物联网终端的通信距离一般是公里量级,而卫星物联网终端的信号传播距离通常是千公里量级,导致非常大的传播损耗和传播时延,对低功耗设计和通信协议带来不利影响。

4) 受限于其体积、重量和能源,卫星的频率资源、功率资源和处理能力都受限。此外,低轨卫星物联网也必然面临频谱资源受限、万物互联时的安全可信问题等。

5) 存在严重同频干扰的情况下如何满足物联网终端小型化、低功耗、低成本、大连接的要求。由于低轨卫星物联网的波束覆盖范围大,覆盖区域时变动态,必须要做到全球频率协调才能避免同频干扰;如果做不到全球频率协调,争取在重点服务

区域进行频率协调,获得干扰保护,从而支持小终端;在没有频率协调的情况下,技术体制上做到既不干扰别人,也不怕别人干扰。

因此,需要针对低轨卫星物联网的技术特点,重点关注以下几个方面的研究内容^[3-6]。

1) 低轨卫星物联网体系架构研究

针对物联网低功耗广域(LPWA)的应用需求和低轨星座卫星通信系统的技术特点,结合地面蜂窝移动通信和物联网的设计思想和发展趋势,进行低轨卫星物联网的天地一体化设计,提出阶段推进、易重构、可扩展的天地一体化低轨卫星物联网体系架构,逐步提高低轨卫星物联网的全时空覆盖能力、热点地区的容量增强能力和突发事件的应急保障能力。

2) 低轨卫星物联网组网方法

针对卫星覆盖范围大、终端数量多、物联网海量连接的需求,结合低轨卫星资源有限性和共享性的特点,研究低轨卫星物联网的组网方法,解决低轨卫星“频繁切换、资源能力有限”与物联网用户“海量连接、广域低功耗”之间的矛盾,满足用户随遇接入的需求。

3) 低轨卫星物联网传输体制

针对电磁频谱资源严重不足和多系统同频工作的现实,面向终端小型化、低功耗应用需求,结合当前地面主流物联网技术体制(如 NB-IoT、LoRa)和低轨卫星信号传播距离远、多普勒频移大的特点,分析不同用户和应用的终端形态、技术需求、工作环境和应用场景,研究基于环境感知的低轨卫星物联网传输体制,实现对用户的按需覆盖和对资源的高效利用。

4) 低轨卫星物联网高效可信协议

针对低轨卫星相对地面高速移动,导致海量物联网连接频繁切换、网络连接关系动态变化、通信时延相对地面网络较长等特点,研究适合低轨卫星物联网的高效可信协议,解决较大时延、动态网络拓扑对协议性能的不利影响,提出时变连接关系下信息的可靠路由机制、频繁切换条件下交互协议的高效传输策略和安全防护机制,确保物联网的高效可靠安全运行。

4 结束语

自 1965 年美国发射第一颗商用通信卫星以来,卫星通信技术及其应用取得了令人瞩目的巨大成

就，对人类的生产、生活方式产生了巨大影响。近年来，物联网的发展得到了广泛的关注，低轨卫星物联网也成为卫星通信领域的发展热点，围绕着终端小型化、低功耗、低成本、长电池使用寿命开展了大量探索性的工作。从当前现状看，低轨卫星物联网仍未取得突破性的进展，尤其是在相对传统数据采集系统的性能提升方面尚无明显的改进，还需要开展大量的研究工作。

参考文献：

- [1] 张更新. 现代小卫星及其应用[M]. 人民邮电出版社, 2009.
- [2] 张更新. 发展我国低轨星座通信系统的一些思考[C]//第8届卫星通信产业发展研讨会论文集. 2017.
- [3] 张更新. 低轨卫星物联网的一些思考[C]//第32届全国通信与信息技术学术年会. 2017.
- [4] 李晓妍. 万物互联[M]. 人民邮电出版社, 2017.
LI X Y. Internet of everything[M]. PTPRESS, 2017.
- [5] MAURO D S, ERNESTINA C, GIUSEPPE A, et al. Satellite communications supporting internet of remote things[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2016, 3(1):113-123.
- [6] LoRa Alliance, Inc. LoRaWAN specification[S]. 2016.

作者简介：



张更新(1967-), 男, 南京邮电大学教授、博士生导师, 主要研究方向为卫星通信、深空通信、空间信息网络等。



揭晓(1979-), 男, 94860部队工程师, 主要研究方向为卫星通信、短波通信、协同通信等。



曲至诚(1992-), 男, 南京邮电大学博士生, 主要研究方向为卫星物联网及卫星通信。