

NB-IoT 关键技术及应用前景

Key Technologies and Application Prospect for NB-IoT

邹玉龙/ZOU Yulong¹
丁晓进/DING Xiaojin²
王全全/WANG Quanquan¹

(1. 南京邮电大学, 江苏 南京 210003;
2. 东南大学, 江苏 南京 211189)
(1. Nanjing University of Posts and
Telecommunications, Nanjing 210003, China;
2. Southeast University, Nanjing 211189,
China)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2017) 01-0043-004

摘要: 基于窄带物联网(NB-IoT)的技术特点、组网方法及潜在应用场景,指出了其发展过程中面临的关键问题,包括NB-IoT的数据安全与传输可靠性,NB-IoT向宽带物联网(WB-IoT)演进的问题,以及物联网设备连接需求的低、中、高速率共存的问题。认为多速率物联网设备的研究将是下一阶段NB-IoT发展的重点方向。

关键词: 互联网; 物联网; NB-IoT

Abstract: In this paper, according to the technical features, networking methods, and potential application scenarios, we point out the key problems of narrowband Internet of things (NB-IoT), such as the data security and transmission reliability for NB-IoT, the evolution of the NB-IoT to wideband IoT(WB-IoT), and the coexistence of low, middle and high data rates for IoT devices. The multirate devices are proposed as the direction of NB-IoT research in the next stage.

Key words: Internet; IoT; NB-IoT

1 物联网的起源

物联网(IoT)是在互联网基础上延伸与扩展的一种网络,通过信息传感设备(例如无线传感器节点、射频识别装置、红外感应器等)按照事先约定的协议,将世间万物与互联网连接起来,并进行信息的交换和通信,从而实现智能化识别、定位、跟踪、监测控制和管理^[1-3]。IoT包括两个主要方面,即物与物之间的信息交互和人与物之间的信息交互。IoT通常可以分成3层,即感知层、网络层和应用层^[3-4]。感知层通过实时感知,随时随地对物体进行相关信息的采集和获取,并将收集到的物理信息传送到网络层;网络层通过将物理世界接入到信息网络,进行安全可靠的信息交互和共享;应用层则对感知信息和数据进行相关分析和处理,以实现智能化决策和控制。时至今日,IoT迎来了新的发展机遇和浪潮,极大地推动了智能交通、智能家居、智慧医疗以及智慧物流等行业的快速发展,

成为社会发展的重要动力,由此可能引发新一轮的工业革命^[5]。

2 NB-IoT 概述

2.1 NB-IoT 的发展背景

近年来,IoT发展迅速,世界万物都可以通过互联网相互连接,其中包括一些高速率业务(如视频类业务等),以及一些低速率业务(如抄表类业务等)。据不完全统计,低速率业务占据IoT业务的67%以上,且低速率业务还没有良好的蜂窝技术来提供支持^[6],这也意味着低速率广域网技术拥有巨大的需求空间。在IoT不断发展的同时,IoT通信技术也日趋成熟,其中广域网通信技术的发展尤其明显。广域网通信技术按频谱是否授权可以分成以下两种类型^[7]:

- (1)非授权,如Lora和Sigfox等;
- (2)授权,3GPP制订的蜂窝通信

技术,如2G、3G、4G,以及基于4G演进而来的长期演进(LTE)CAT-NB1,也称为窄带物联网(NB-IoT)技术^[8]。

综合来说,NB-IoT具有迫切的市场需求,同时也具备良好的通信网络支撑,因此拥有广阔的发展前景。

2.2 NB-IoT 的关键技术

本小节简要介绍了NB-IoT相关的主要内容,着重从以下4个部分来介绍。

(1)NB-IoT主要技术特点

如表1所示,NB-IoT是在LTE基础上发展起来的,其主要采用了LTE的相关技术,针对自身特点做了相应的修改。

NB-IoT的物理层,射频带宽为200 kHz,下行采用正交相移键控(QPSK)调制解调器,且采用正交频分多址(OFDMA)技术,子载波间隔15 kHz;上行采用二进制相移键控

收稿时间: 2016-11-16
网络出版时间: 2016-12-28

▼表 1 NB-IoT 主要技术特点

层级		技术特点	
物理层	上行	SC-FDMA	BPSK 或 QPSK 调制
			单子载波,子载波间隔为 3.75 kHz 和 15 kHz, 传输速率在 160 kbit/s~200 kbit/s 多子载波,子载波间隔为 15 kHz, 传输速率在 160 kbit/s ~250 kbit/s
	下行		QPSK 调制
物理层以上层		OFDMA,子载波间隔 15 kHz,传输速率在 160~250 kbit/s	
物理层以上层		基于 LTE 的协议	
核心网		基于 S1 接口	
		BPSK: 二进制相移键控 NB-IoT: 窄带物联网 QPSK: 正交相移键控 LTE: 长期演进 OFDMA: 正交频分多址 SC-FDMA: 单载波频分多址	

(BPSK)或 QPSK 调制解调器,且采用单载波频分多址(SC-FDMA)技术,包含单子载波和多子载波两种。单子载波技术的子载波间隔为 3.75 kHz 和 15 kHz 两种,可以适应超低速率和超低功耗的 IoT 终端。多子载波技术的子载波间隔为 15 kHz,可以提供更高的速率需求。

NB-IoT 的高层协议(物理层以上)是基于 LTE 标准制订的,对多连接、低功耗和少数据的特性进行了部分修改。

NB-IoT 的核心网基于 S1 接口进行连接。

(2)NB-IoT 的频谱资源

IoT 是未来通信服务市场的核心增量用户群,中国四大电信运营商对 NB-IoT 的发展都很支持,各自都划分了 NB-IoT 的频谱资源,具体如表 2 所示。其中联通已经开通了 NB-IoT 的商用网络。

(3)NB-IoT 的部署

根据 NB-IoT 立项中 RP-151621 的规定,NB-IoT 支持 3 种部署场景。如图 1 所示,NB-IoT 所支持的 3 种部署场景分别是^[9]:

- 独立部署,即 stand-alone 模式,利用独立的频带,与 LTE 中的频带不重叠;
- 保护带部署,即 Guard-band 模式,利用 LTE 频带中边缘频带;
- 带内部署,即 In-band 模式,利用 LTE 频带进行部署。

(4)NB-IoT 的组网

NB-IoT 组网如图 2 所示,主要分成了如下所述的 5 个部分。

- NB-IoT 终端:支持各行业的 IoT 设备接入,只需要安装相应的 SIM 卡就可以接入到 NB-IoT 的网络中;
- NB-IoT 基站:主要是指运营商已架设的 LTE 基站,从部署方式来讲,主要有上面介绍的 3 种方式;
- NB-IoT 核心网:通过 NB-IoT 核心网就可以将 NB-IoT 基站和 NB-IoT 云进行连接;
- NB-IoT 云平台:在 NB-IoT 云平

台可以完成各类业务的处理,并将处理后的结果转发到垂直行业中心或 NB-IoT 终端;

- 垂直行业中心:垂直行业中心既可以获取到本中心的 NB-IoT 业务数据,也可以完成对 NB-IoT 终端的控制。

2.3 NB-IoT 的相关应用

根据 NB-IoT 的技术标准,NB-IoT 所支持的相关应用具有以下几个主要特点。

(1)低速率属性

通过前面的相关介绍可知,NB-IoT 主要是为了解决 IoT 中低速率业务而提出的。NB-IoT 采用了低阶调制,低速率也是其主要特征。

(2)高时延属性

NB-IoT 具有很强的覆盖能力。为了实现高可靠的广域覆盖,NB-IoT 网络中的数据传传输可能需要进行多次重传,从而导致较大的通信时延。当前 NB-IoT 标准设想的数据传输时延可能会达到 10 s。

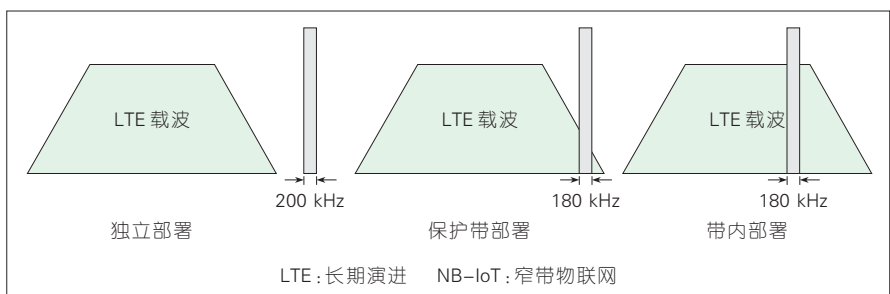
(3)低频次属性

顾名思义,低频次就是指单位时

▼表 2 各运营商的 NB-IoT 频谱划分

运营商	上行频段/MHz	下行频段/MHz	频宽/MHz
联通	909~915	954~960	6
	1 745~1 765	1 840~1 860	20
电信	825~840	870~885	15
移动	890~900	934~944	10
	1 725~1 735	1 820~1 830	10
广电	700	700	未分配

NB-IoT: 窄带物联网



▲图 1 NB-IoT 所支持的 3 种部署方式

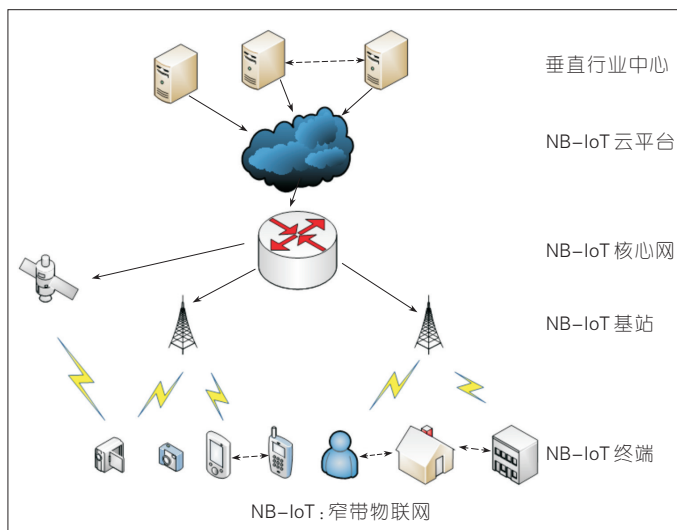


图2
NB-IoT 组网

间内业务数据传输次数不能过于频繁。过于频繁的数据传输不仅会增加IoT终端的功率消耗,也会对NB-IoT网络时延提出更为严苛的要求。

(4) 移动性弱特性

由于NB-IoT对终端功耗有很高的要求,NB-IoT Rel-13标准中不支持连接状态的移动性管理,包括相关测量、测量报告、切换等,以达到节省终端功耗的目的。

2.4 NB-IoT 的应用场景

随着IoT通信技术的快速发展,尤其是NB-IoT技术日趋成熟,IoT技术将不断渗透到各行各业。NB-IoT技术正飞速走进人们的生活,其支持的应用场景如下:

- 智慧市政,包括水、电、气、热等基础设施的智能管理;
- 智慧交通,包括交通信息、应急调度、智能停车等;
- 智慧环境,包括水、空气、土壤等实时监测控制;
- 智慧物流,包括集装箱等物流资源的跟踪与监测控制;
- 智慧家居,包括家居安防等设备的智能化管理与控制。

3 NB-IoT 发展面临的潜在问题

NB-IoT发展过程中可能面临以

下两类主要问题,即数据安全与传输可靠性问题,以及NB-IoT向宽带物联网(WB-IoT)的过度演进。

3.1 数据安全与传输可靠性

NB-IoT发展中面临的IoT数据安全性与传输可靠性问题可能由两方面引起:一方面是来自NB-IoT网络外部的攻击和窃听行为,另一方面是NB-IoT网络内部的信号干扰。

如图3所示,NB-IoT网络进行数据信息交互时,可能会面临外部用户的恶意攻击,从而降低网络信息传输的成功概率。随着恶意攻击行为的增加,NB-IoT网络信息交互的中断概率会随之上升,这也将导致数据重传次数的增加,从而加重NB-IoT网络的通信负担,甚至可能会导致网络的瘫痪。

从功耗的角度来看,NB-IoT网络设备需要具备很长的网络生存周期,然而重传次数的增加也会降低NB-IoT终端设备的生存周期。此外,从信息安全的角度来看,当NB-IoT网络进行信息交互的同时,还可能存在着恶意窃听行为,这将破坏数据信息传输的安全性。并且随着网络信息重传次数的增加,数据信息的安全性也越容易遭受到破坏。概括来说,外部用户的恶意攻击和窃听行为不仅降低了NB-IoT网络信息传输的可靠性,也将恶化NB-IoT网络信息的安全性。

此外,NB-IoT终端设备的增多也会消耗更多的LTE资源块。随着NB-IoT网络的演进发展,海量的接入设备可能会导致NB-IoT网络面临严重的同频干扰问题,这也会显著降低NB-IoT网络信息传输的可靠性。

3.2 WB-IoT 演进问题

根据当前的统计数据,IoT网络中67%以上的终端设备都具有低速率属性。然而,随着社会经济的发展,IoT网络中终端设备的速率需求也将发生变化,进而可能会出现低速率、中速率,以及高速率并存的应用场景,这也就导致当前的NB-IoT网络不能满足将来IoT设备的异构需求。由于IoT网络对终端设备具有严格的功耗限制,现有的蜂窝网络可能无法满足未来IoT网络发展的相关需求。因此,WB-IoT的需求也将越来越

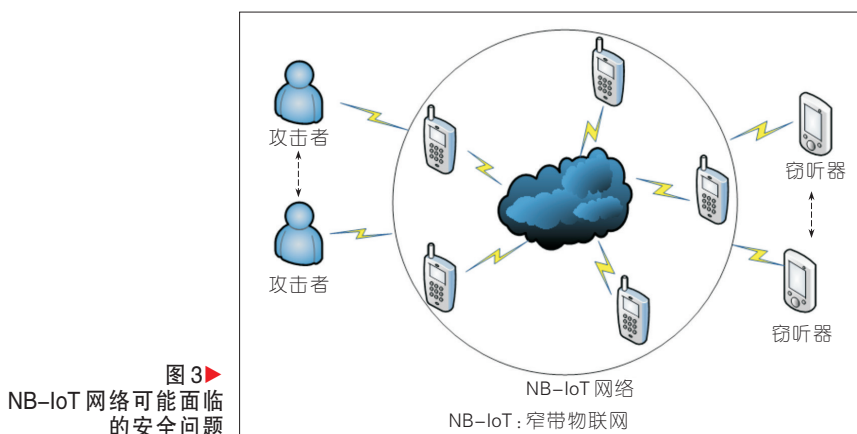


图3
NB-IoT网络可能面临的安全问题

越迫切。

4 结束语

工业 4.0 时代,各行业对智慧化及产业转型升级的需求越来越迫切。NB-IoT 技术应运而生,它是基于蜂窝网络的通信技术,具备广域覆盖、海量接入、低功耗等特征。随着 NB-IoT 对行业的不断渗透,生态体系的不断完善,会给社会带来深远的影响。此外,随着社会的不断发展,IoT 设备的速率需求会由以低速率为主转向低、中、高速率共存。低速率的 NB-IoT 技术将主要应用于对通信时延低敏感的市政应用,而智能停车网络等大规模应用则需要相对较高的数据速率及较低的容错率以避免事故的发生。同时,更多的 IoT 应用在不同的时间和地点也都有着不同的速率要求。因此对于多速率 IoT 设备的研究将会是 NB-IoT 发展的重点方

向之一。

参考文献

- [1] 佟鑫. 物联网的定义和应用[J]. RFID 射频世界, 2010, 5(4): 20-20
- [2] 宋俊德. 浅谈物联网的现状和未来[J]. 移动通信, 2010, 34(15): 7-10. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1010.2010.15.001
- [3] 邱小明. 物联网体系结构及关键技术研究[J]. 电脑知识与技术, 2011, 7(28): 6847-6849. DOI: 10.3969/j.issn.1009-3044.2011.28.022
- [4] 秦敏, 刘宁, 赵飞. 浅析物联网发展对通信的影响[J]. 通信设计与应用, 2016, 23(4): 102-102. DOI:10.3969/j.issn.1006-4222.2016.04.076
- [5] 叶钟灵. 迎接 4.0 第四次工业革命[J]. 电子产品世界, 2015, 23(1): 3-6
- [6] 曹钟慧. 运营商角度的物联网技术发展应用浅析[J]. 移动通信, 2016, 40(15): 30-35. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1010.2016.15.006
- [7] 戴国华, 余骏华. NB-IoT 产生背景、标准发展以及特性和业务研究[J]. 移动通信, 2016, 40(7): 31-36. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1010.2016.07.007
- [8] TR 23.720: Study on architecture enhancements for Cellular Internet of Things (Release 13)[S]. 3GPP, 2016
- [9] 3GPP. RP-151621: Revised Work Item: Narrowband IoT (NB-IoT)[EB/OL]. (2015-09-17) [2016-11-20]. ftp://ftp.3gpp.org/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_69/Docs/RP-151621.zip.

← 上接第 28 页

相关研究的开展深入和企业资源的大力投入, NB-IoT 会进一步完善, 在不同的垂直行业得到更广泛的应用, 开启万物互联的新领域、新时代。

参考文献

- [1] 纪伟. NB-IOT 的发展现状及运营商发展策略[J]. 通讯世界, 2016(21): 71-72
- [2] 戴国华, 余骏华. NB-IoT 的产生背景、标准发展以及特性和业务研究[J]. 移动通信, 2016, 40(7):31-36. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1010.2016.07.007
- [3] CARLOS A, TRASVINA M, RUBEN B, et al. A Network Performance Analysis of LoRa Modulation for LPWAN Sensor Devices[M]// BICK M, KUMMER T F. Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Germany: Springer, 2016:174-181. DOI: 10.1007/978-3-319-48799-1_21
- [4] 赵静. 低速率物联网蜂窝通信技术现状及发展趋势[J]. 移动通信, 2016, 40(7):27-30. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1010.2016.07.006
- [5] 陈博, 甘志辉. NB-IoT 网络商业价值及组网方案研究[J]. 移动通信, 2016, 40(13):42-46. DOI:10.3969/j.issn.1006-1010.2016.13.009
- [6] MANGALVEDHE N, RATASUK R, GHOSH A, et al. NB-IoT Deployment Study for Low Power Wide Area Cellular IoT[C]// IEEE Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications. USA: IEEE, 2016:1-6. DOI: 10.1109/PIMRC.2016.7794567
- [7] RATASUK R, VEJLGAARD B, MANGALVEDHE N, et al. NB-IoT System for

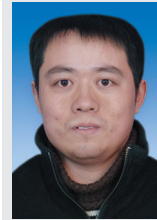
M2M Communication[C]// IEEE Wireless Communications and NETWORKING Conference Workshops. USA: IEEE, 2016: 428-432. DOI: 10.1109/WCNCW.2016.7552737

- [8] FU S, LI J, LI R, et al. A Game Theory Based Vertical Handoff Scheme for Wireless Heterogeneous Networks[C]//International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Networks. USA: IEEE, 2014:220-227. DOI: 10.1109/MSN.2014.37
- [9] WANG S, FAN C, HSU C H, et al. A Vertical Handoff Method via Self-Selection Decision Tree for Internet of Vehicles[J]. IEEE Systems Journal, 2014(99):1-10. DOI: 10.1109/JSYST.2014.2306210
- [10] 方飞, 李云. 无线异构网络的垂直切换判决算法[J]. 通信技术, 2010, 43(6): 137-139. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0802.2010.06.046
- [11] 张志飞, 刘崇春. 一种新的等效带宽估计方法[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(5): 616-619
- [12] STEVENSNAVARRO E, WONG V W S, LIN Y. A Vertical Handoff Decision Algorithm for Heterogeneous Wireless Networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2007, 57(2):3199-3204. DOI: 10.1109/TVT.2007.907072
- [13] 魏欢. 浅谈基于 TD-LTE 的移动流媒体业务[C]// 2012 年全国无线及移动通信学术大会论文集(下). 内蒙古: 呼和浩特, 2012: 486-489
- [14] STEVENSNAVARRO E, Wong V W S. Comparison between Vertical Handoff Decision Algorithms for Heterogeneous Wireless Networks[C]// IEEE Vehicular Technology Conference. USA: IEEE, 2006: 947-951. DOI: 10.1109/VETECS.2006.1682964

作者简介



邹玉龙, 南京邮电大学教授、博士生导师; 长期从事认知无线电、中继协作通信、无线网络安全以及卫星通信等无线通信前沿理论研究, 取得了一系列具有国际影响的创新性研究成果。



丁晓进, 东南大学在读博士; 研究方向为认知无线电、协作通信、无线物理层安全等。



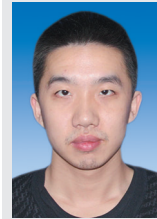
王全全, 南京邮电大学在读硕士; 研究方向为认知无线电、异构网络功率分配等。

- [15] 徐晓丽, 刘翠平, 梅素平. 异构网络垂直切换判决策略研究[J]. 网络安全技术与应用, 2009(7):89-92. DOI:10.3969/j.issn.1009-6833.2009.07.040

作者简介



潘颢, 南京邮电大学教授; 主要研究领域为无线通信; 目前主持国家自然科学基金项目 2 项, 省部级项目 2 项, 参与国家级省部级项目多项; 发表论文数 10 篇, 出版译著 2 本。



陶帅, 南京邮电大学通信与信息工程学院通信与信息工程专业硕士研究生; 主要研究方向为无线通信。



陈宇青, 南京邮电大学通信与信息工程学院通信与信息工程专业硕士研究生; 主要研究方向为无线通信。