

# NB-IoT 系统概述及部署方案<sup>①</sup>

柯翔敏 陈江

( 华侨大学 网络与教育技术中心, 福建 厦门 361021 )

**摘 要** NB-IoT 是部署在授权频谱上的低功耗广域网技术, 它基于现有的移动蜂窝网络, 广泛重用 LTE 无线技术。NB-IoT 系统具有强覆盖、大容量、低功耗、低成本四大特点。NB-IoT 的物理层结构基本上和 LTE 保持一致, 除了上行支持单频和多播两种传输模式, NB-IoT 有三种部署方式——独立部署、保护带部署与带内部署, 其中最受关注的是带内部署方式。采用带内部署方式时, 主载波的部署需要满足 100 kHz 信道栅格的载波搜索准则, 因此主载波只能部署在特定的 LTE 资源块上。

**关键词** 物联网; NB-IoT; 物理层结构; 部署方式

## NB-IoT System Overview and Deployment Schemes

KE Xiangmin CHEN Jiang

( Center of Network and Educational Technology , Huaqiao University , Xiamen 361021 , China )

**Abstract** NB-IoT is a low-power wide area network technology deployed on licensed spectrum. It is based on existing mobile cellular networks and widely reuses LTE wireless technology. The NB-IoT system has four characteristics: strong coverage, large capacity, low power consumption and low cost. The physical layer structure of NB-IoT is basically the same as that of LTE, except that the uplink supports both single-tone and multi-tone transmission modes. There are three deployment schemes for NB-IoT——stand alone deployment, guard band deployment, and in-band deployment, of which the most attractive is in-band deployment. When the in-band deployment mode is adopted, the deployment of the primary carrier of NB-IoT needs to meet the carrier search criteria of the 100 kHz raster. Therefore, the primary carrier of NB-IoT can only be deployed on specific LTE resource blocks.

**Keywords** Internet of Things; NB-IoT; Physical Layer Structure; Deployment Method

<sup>①</sup>本文系福建省中青年教師科研項目(項目編號: JZ180187, JZ180193)的研究成果之一。

无线通信技术发展到今天,通信需求已全面转向人与人、人与物、物与物之间的互联互通,最终实现万物互联<sup>[1-2]</sup>。然而,传统的通信技术无法同时满足物联网所需的广覆盖和低功耗两种需求。传统的短距离通信技术如蓝牙、WiFi覆盖范围小,不具备广覆盖的特性。传统的蜂窝通信技术如GSM、LTE功耗较大,且所需的成本较高,也不适合用于物联网。因此,适合用于物联网的通信技术——低功耗广域网应运而生。窄带物联网(NB-IoT)技术是3GPP R13中引入的新型蜂窝技术,属于低功耗广域网技术。NB-IoT将部署在授权频谱上,旨在与传统的GSM和LTE技术实现良好的共存性能。NB-IoT基于现有的移动蜂窝网络,广泛重用LTE无线技术,对于运营商来说,可通过对现有蜂窝设备的升级来部署NB-IoT,低成本高效率地打进新兴的物联网市场。本文首先介绍了NB-IoT的系统特点——强覆盖、大容量、低功耗、低成本。其次,介绍了NB-IoT的上下行物理层结构。接着,介绍了NB-IoT的三种部署方式——独立部署、保护带部署与带内部署,最后对本文进行总结。

## 1 NB-IoT 系统特点

NB-IoT具有强覆盖、大容量、低功耗、低成本四大特点<sup>[3-4]</sup>。

在某些应用场景下,NB-IoT设备需要布置在地下室、停车场等地方,因此NB-IoT需要具备深覆盖特性。NB-IoT覆盖深且广,比GSM覆盖高20 dB。通过提升功率谱密度与引入多次重传机制来实现。

NB-IoT具有大容量特性,一个小区支持5万以上的用户容量。因为NB-IoT业务对时延不敏感,且用户设备大部分时间都处于休眠状

态,因此可以容纳更多的用户设备。

NB-IoT具有低功耗特性,理论上一个用户设备的电池可以使用超过10年。因为NB-IoT应用场景广泛,设备需要布置在人不容易接触到的地方,且设备不具备移动性。该特性使得设备不需要经常更换电池,方便部署。

NB-IoT具有低成本特性,理想情况下用户设备的芯片价格将低于1美元,采用半双工方式,简化物理层并降低运算能力。该特性使得NB-IoT设备可以进行大规模部署,扩大物联网网络。

## 2 NB-IoT 系统的物理层结构

### 2.1 NB-IoT 的帧结构

NB-IoT仅支持频分双工,不支持时分双工。NB-IoT的资源块结构与LTE相同,保证了NB-IoT系统在部署时与LTE系统的相容性。该特性保证了NB-IoT系统带内部署方案的合理性。

NB-IoT系统的基本调度单位为子帧,每个子帧为1 ms。NB-IoT系统的帧结构如图1所示,每个无线帧为10 ms,包含10个子帧。每个子帧包含2个时隙,每个时隙为0.5 ms<sup>[5]</sup>。

### 2.2 下行物理层结构

NB-IoT的下行物理层结构基于与LTE相同的正交频分多址(OFDMA),子载波间隔为15 kHz。NB-IoT的载波带宽与LTE一个资源块的带宽相同,为180 kHz。NB-IoT的资源块结构如图2所示,在频域上包含12个子载波,共180 kHz。在时域上包含7个OFDM符号,共0.5 ms,即一个时隙。资源块是NB-IoT系统进行资源调度的基本单位,由资源元素组成。每个资源元素在频域上占用一个子载波,在频域上占用一个OFDM符号。

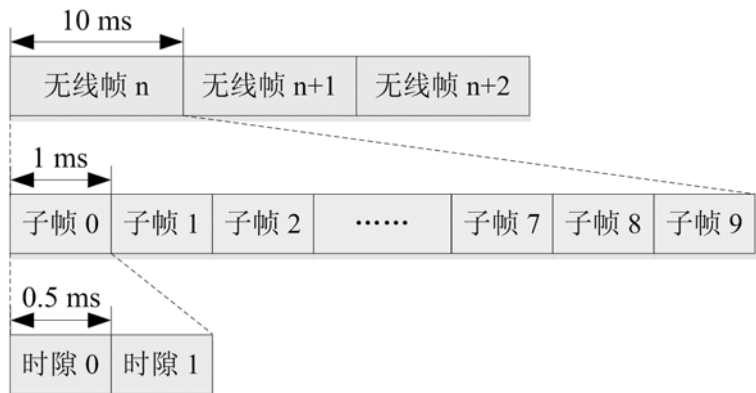


图1 NB-IoT 帧结构（除上行子载波间隔为 3.75 kHz 的情况）

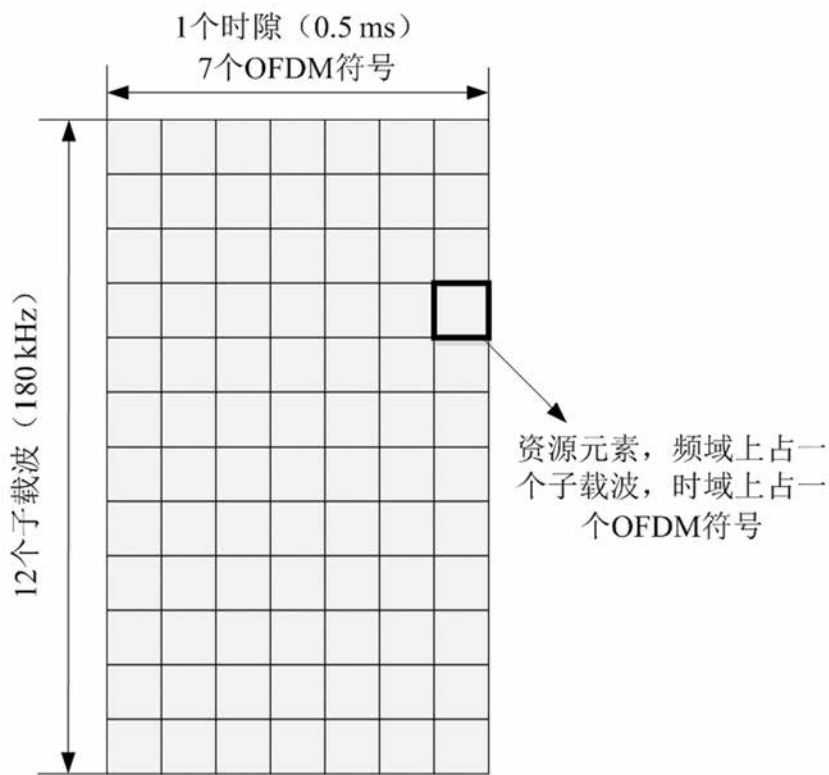


图2 NB-IoT 的下行资源块结构

### 2.3 上行物理层结构

NB-IoT的上行物理层结构是基于与LTE相同的单载波频分多址（SC-FDMA），支持多频和单频两种传输模式。多频模式的子载波间隔为15 kHz，单频模式支持15 kHz和

3.75 kHz两种子载波间隔<sup>[6-7]</sup>。当子载波间隔为15 kHz时，NB-IoT的上行资源块结构与下行相同。当子载波间隔为3.75 kHz时，NB-IoT的上行资源块结构与帧结构如图3所示，在频域上包含48个子载波，共180 kHz。一个时

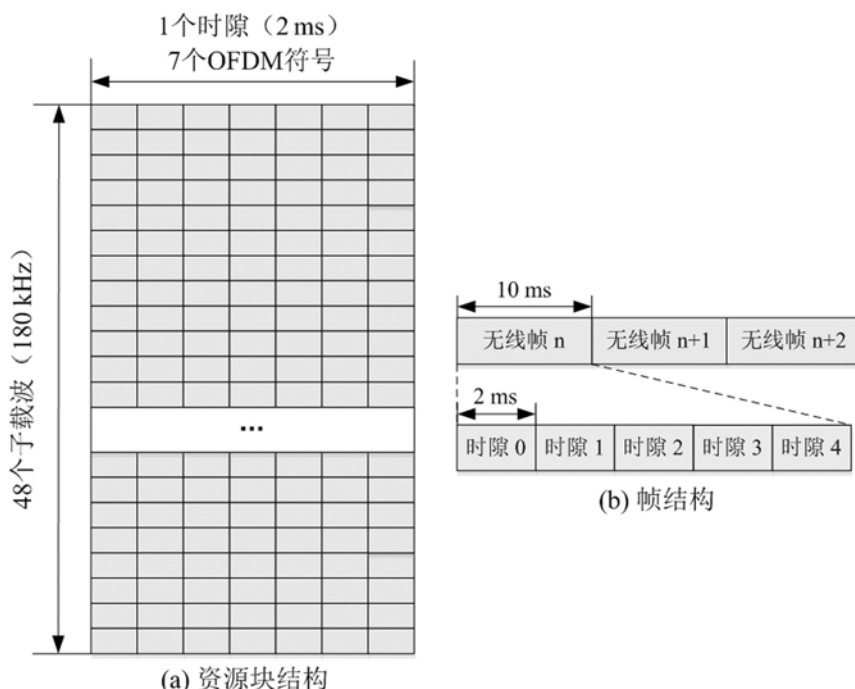


图3 子载波间隔为 3.75 kHz 时 NB-IoT 的上行资源块结构与帧结构

隙同样包含7个OFDM符号，时隙长度变更为 2 ms。因为15 kHz是3.75 kHz的整数倍，所以不影响带内部署时，NB-IoT系统与LTE系统的相容性。

### 3 NB-IoT 的部署方式

NB-IoT支持三种部署方式：独立部署、保护带部署和带内部署<sup>[8-9]</sup>，下面将分别探讨三种部署方式。

#### 3.1 独立部署

独立部署是指在现有的空闲频段或者新的频段上部署NB-IoT。由于增强覆盖是NB-IoT

的设计目标之一，因此NB-IoT适合部署在低频段。GSM的信道带宽为200 kHz，恰好为NB-IoT180 kHz的信道带宽开辟了空间，且两边还能预留出10 kHz的保护带，能够避免相邻信道间的干扰。现如今，4G网络在国内已经大规模部署，5G移动网络也逐步实现商用。5G移动网络同时引入了毫米波波段作为频谱，随着2G网络有希望逐渐退网，宝贵的低频段资源将空闲出来用于其他通信系统。因此，NB-IoT的独立部署适合用于重耕GSM频段，如图4所示。该部署方式不存在与LTE系统的共存问题，且方便进行多载波扩展。

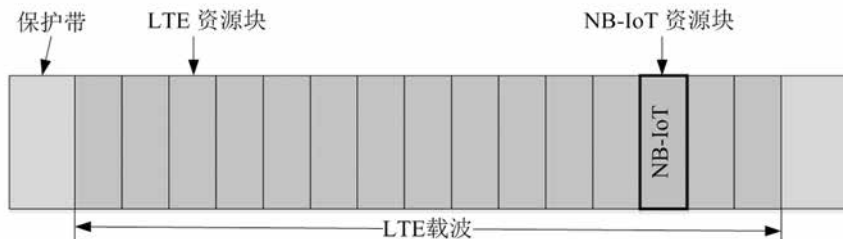


图4 NB-IoT 独立部署方式示意图

### 3.2 保护带部署

保护带部署是指在LTE边缘保护带中未使用的180 kHz带宽的资源块上部署NB-IoT，如图5所示。该部署方式不占用LTE的资源，

但需要考虑与LTE系统的共存问题。此外，保护带部署方式可以利用的资源非常有限，且不方便进行多载波的扩展。

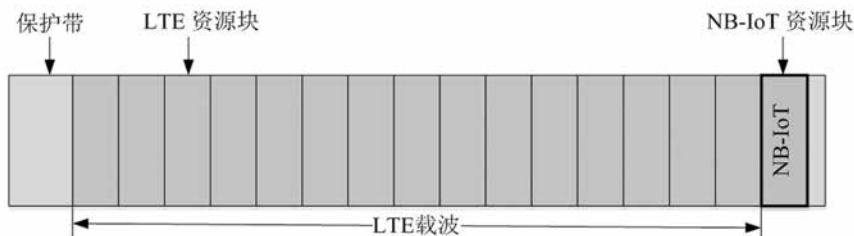


图5 NB-IoT 保护带部署方式示意图

### 3.3 带内部署

带内部署是指在现有的LTE频段中的资源块上部署NB-IoT，如图6所示。该部署方式可以利用的资源较多，也方便进行多载波的扩展。但该部署方式占用了LTE的频谱资源，

且需要考虑与LTE系统的共存问题。由于目前2G网络还未退网，物联网商用的呼声也越来越高，运营商更倾向于采用带内部署方式来率先部署NB-IoT。

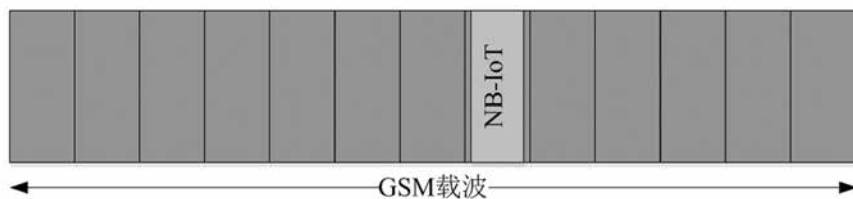


图6 NB-IoT 带内部署方式示意图

对于带内部署方式，并不是所有的LTE资源块都可以用来部署NB-IoT。首先，LTE系统在以频点为中心的6个资源块上传输同步信息与系统信息，这些重要信令的传输结构不能被破坏。因此NB-IoT不能部署在LTE系统的中间6个资源块上。由此可知，带宽为1.4 MHz的LTE系统不支持NB-IoT的带内部署方式。此外，并不是剩下的资源块都可以用来部署NB-IoT。用来部署NB-IoT的资源块必须满足信道栅格为100 kHz的载波搜索准则<sup>[10-11]</sup>。

当NB-IoT用户开机或苏醒时，首先要与NB-IoT网络进行同步才能进行数据通信。同步的过程中用户需要在LTE频段上搜索NB-IoT载波时，类似于现有的LTE用户，NB-IoT用户只能在步进为100 kHz的信道栅格上搜索载波。在带宽为10 MHz的下行LTE载波上，可以用来部署NB-IoT的资源块如图7所示。带宽为10 MHz的LTE系统在频域上包含50个资源块，DC子载波为频点中心一个未使用的子载波，且LTE的DC子载波总是位于100 kHz的信

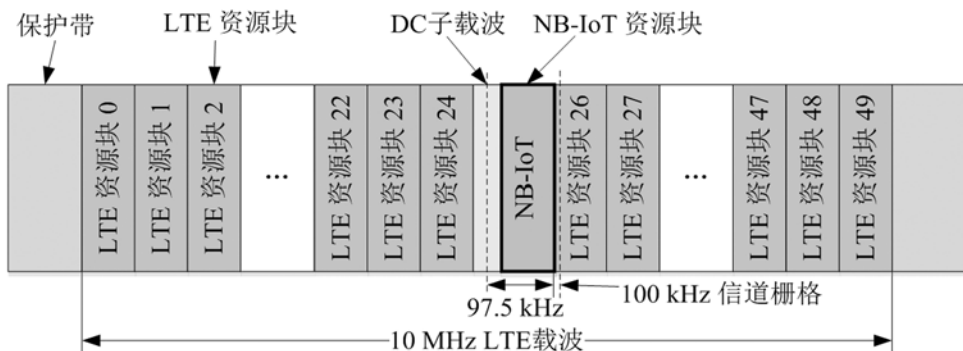


图 7 NB-IoT 在带宽为 10 MHz 的下行 LTE 载波上的带内部署准则

道栅格上。设 $n$ 为资源块的编号，则资源块 $n$ 的中心离该LTE系统中心频点的距离为

$$D=7.5+90+180|n-25|, \quad (1)$$

因此，资源块 $n$ 的中心离最近的100kHz信道栅格的距离为

$$d=\begin{cases} D\%100, & \text{若 } (D\%100) \leq 50 \\ 100-D\%100, & \text{若 } (D\%100) > 50 \end{cases}, \quad (2)$$

其中，%为取余运算。例如，资源块25的中心与DC子载波的距离为97.5 kHz，即资源块25的中心距离最近的100 kHz的信道栅格2.5 kHz。由公式可得，资源块25、30、35、40、45、24、19、14、9、4都距离最近的100 kHz的信道栅格2.5 kHz，且该距离为所有资源块的中心离100 kHz信道栅格的最短距离。

对于带宽为10 MHz、20 MHz的LTE系统，资源块总个数为偶数，只能使用距离100 kHz的信道栅格为2.5 kHz的资源块部署NB-IoT。对于带宽为3、5或15 MHz的LTE系统，资源块总个数为奇数，DC子载波穿插在中心资源块的中间。同理可以推得，资源块的中心距离最近的100 kHz信道栅格的最短距离为7.5 kHz，因此只能使用距离100 kHz的信道栅格为7.5 kHz的资源块部署NB-IoT。

需要满足上述载波部署准则的NB-IoT载波为与用户设备进行初始同步的载波，称为主载波。一个NB-IoT系统只需要一个主载波来

与用户进行初始同步，进行多载波扩展的其他载波称为辅载波，不需要满足100 kHz信道栅格的载波搜索准则。

与带内部署类似，进行保护带部署的NB-IoT主载波也需要满足100 kHz信道栅格的载波搜索准则，因此能用来进行保护带部署的资源更加有限。

## 4 总结

NB-IoT是部署在授权频谱上的低功耗广域网技术，它基于现有的移动蜂窝网络，广泛重用LTE无线技术。NB-IoT系统具有强覆盖、大容量、低功耗、低成本四大特点，应用场景广泛。NB-IoT的帧结构与物理层结构基本与LTE相同，除了上行额外引入了多频传输模式，还增加了子载波间隔为3.75 kHz的上行物理层结构。NB-IoT有三种部署方式——独立部署、保护带部署与带内部署。独立部署是最理想且性能最好的部署方式，但目前2G网



络仍未退网,对于运营商来说不是最佳选择。保护带部署局限性较大,因此最受关注的是带内部署方式。采用带内部署方式时,主载波的部署需要满足100 kHz信道栅格的载波搜索准则,因此主载波只能部署在特定的LTE资源块上。

## 参考文献

- [1] 郑宁, 杨曦, 吴双力. 低功耗广域网络技术综述[J]. 信息通信技术, 2017, 11(01): 47—54.
- [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(07): 31—36.
- [3] 严益强. NB-IoT技术简介及其在智慧城市中应用研究[J]. 广东通信技术, 2016, 36(11): 6—8.
- [4] 钱小聪, 穆明鑫. NB-IoT的标准化、技术特点和产业发展[J]. 信息化研究, 2016, 42(05): 23—26.
- [5] 丁宝国. NB-IoT资源分配方法研究[J]. 中国新通信, 2018, 20(01): 53.
- [6] R. Ratasuk, N. Mangalvedhe, Y. Zhang, M. Robert and J. P. Koskinen, Overview of narrowband IoT in LTE Rel-13[C]//2016 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN). Berlin, 2016: 1—7.
- [7] 邹玉龙, 丁晓进, 王全全. NB-IoT关键技术及应用前景[J]. 中兴通讯技术, 2017, 23(01): 43—46.
- [8] 张万春, 陆婷, 高音. NB-IoT系统现状与发展[J]. 中兴通讯技术, 2017, 23(01): 10—14.
- [9] 彭雄根, 李新, 陈旭奇. NB-IoT技术的发展及网络部署策略研究[J]. 邮电设计技术, 2017(03): 58—61.
- [10] Y.-P. Eric Wang, Xingqin Lin, Ansuman Adhikary. A Primer on 3GPP Narrowband Internet of Things[J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 3(55): 117—123.
- [11] N. Mangalvedhe, R. Ratasuk, A. Ghosh. NB-IoT deployment study for low power wide area cellular IoT[C]//2016 IEEE 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC). Valencia, 2016: 1—6.