

4.3 增量工程的验收

每月定期从 SG 系统中提取 FTTX 工程数据, 导入现场资源验收平台, 通过与光功率采集数据结合, 提升光网增量工程的验收效率。

参考文献

- 1 刘瑞新.《C#网络编程及应用》机械工业出版社.
- 2 李铭.《c#高级编程》清华大学出版社翻译--美国-christian Nagel 等.

NB-IOT 窄带物联网与 LTE 差异性分析

张新武

(中国电信股份有限公司武汉分公司电信技术管理办公室, 湖北武汉 430071)

摘 要: 随着无线物联网应用越来越多, 基于现有 2G/3G/4G 无线物联网解决方案具有成本高、功耗大、覆盖不足等问题, 为此 3GPP 制定了支持低成本、低功耗、广覆盖、大连接数的窄带物联网标准 NB-IOT。NB-IOT 采用窄带化技术, 并对 LTE 的协议、信令进行大量简化及优化。本文从覆盖、低功耗、低成本、大连接数等方面对 NB-IOT 与 LTE 技术差异进行较全面分析。

关键词: LTE; 物联网; NB-IOT; 窄带物联网

0 引言

随着智慧城市智慧家庭等物联网业务兴起, 无线物联网需求越来越大。根据 Machina Research, May 2015 年的报告预测, 到 2025 年全球 M2M 连接设备数量将达到 300 亿。其中低速率广域物联网技术在无线物联网发展中将起到非常重要作用。目前低速率广域物联网业务如智能电表等主要使用 2G/3G 网络提供业务, 但存在终端成本高、覆盖范围受限、网络容量难以承载大规模 M2M 设备等问题。

针对存在问题, 3GPP 组织从 2012 年开始制定基于机器类的技术规范, 通过优化现有 LTE 机制在 R12 版实现了低成本 MTC(机器类通信)业务技术规范, 但在降低终端功耗、成本上改善有限, 和一些专有 LPWA(低功耗广域物联网技术)如 sigfox 等相比劣势明显。为满足市场需求及应对其它专有 LPWA 技术竞争, 3GPP 组织针对 M2M 业务需求完成 3 个不同标准蜂窝物联网标准的制定, 1、基于 GSM 的 EC-GSM 标准, 2、基

作者: 张新武(1964-), 武汉电信高级专家, 主要从事移动通信及 WiFi 网络规划、优化及室内分布系统技术方案审定等工作, 18907193701@189。

于 R12 版 MTC 的演进型 eMTC 标准, 3、基于 LTE 原理的 NB-IOT。总体而言 NB-IOT 在三个标准中具有优势, 也得到业界广泛支持, 在物联网的应用中将起主导作用。

NB-IOT 系统是基于 LTE 原理、架构进行设计的, 为满足 NB-IOT 的特殊要求, NB-IOT 在 LTE 协议上进行大量精简优化, 也采用了一些新的技术。本文将就 NB-IOT 与 LTE R12 版本之前的差异性进行分析对比, 以利于对 NB-IOT 技术的理解。

1 NB-IOT与LTE能力差异对比

类似智能电表等业务一般除了具有数据量少、速率要求低、对时延不敏感、终端数量多等特点外, 还要求覆盖能力强能满足地下室等场景覆盖, 以及终端复杂度低、成本低廉、耗电少等特点。为满足以上要求, NB-IOT 具有低成本、低功耗、广覆盖、大连接数等网络能力, NB-IOT 与 LTE 能力差异见表 1。

表 1 NB-IOT 与 LTE 能力

指标	覆盖	容量	速率	功耗	成本	时延	移动性
NB-IOT	MCL=164dB	>5 万 /cel1	64kbps/28kbps 上/下行	10 年	<5 美元	约 10 s	静止/慢速。不支持切换
LTE	MCL=142.7 dB	1200 /cel1	50Mbps/100Mbps 上/下行	/	30 美元	<100 ms	<500 km/h, 支持切换

总体而言, NB-IOT 覆盖能力显著增强, MCL (最大耦合损耗) 在 GPRS 的 144 dB 基础上增加到 164dB。承载海量终端能力显著提升。终端成本压降明显, NB-IOT 约 5 美元, 而 LTE CAT4 终端模组成本约 30 美元。

2 技术差异比较

NB-IOT 技术是在华为 NB-CIOT 和爱立信的 NB-LTE2 种候选技术方案基础上融合而成的, NB-IOT 与 LTE 主要技术差异对比见表 2:

表 2 技术比较

	下行	上行			下行/上行
多址方式	OFDMA	SC-FDMA			OFDMA /SC-FDMA
	多载波	多载波(3、6、12)	单载波		多载波
子载波间隔	15KHz	15KHz	3.75KHz	15KHz	15KHz
子载波数	12	12	48	12	1200 (20MHz)
调制	TAIR biting convolution	TURBO CODING			TBC、TURBO coding
编码率	1/3	1/3			1/3 2/3
调制	QPSK	BPSK QPSK			64QAM
双工方式	FDD 、 HD				FDD
信道带宽	180KHz				1.4、3.5、10、15、20MHz
功率节省机制	PSM, ext. I-DRX, ext. C-DRX				I-DRX, C-DRX
MIMO	不支持/终端单天线				支持/终端多天线

与 LTE 相比, NB-IOT 为窄带通信系统, NB-IOT 信道带宽仅占用 180kHz 窄带。

在下行方向, 虽然均采用 OFDMA, 但在资源调度上有较大差异, LTE 用户调度可以在时、频 2 个维度上进行。而 NB-IOT 下行仅有 1 个 RB, 用户调度只能采用 TDM 时分复用方式。

NB-IOT 上行信道设计变化较大, 上行多址技术实质上支持 2 种模式即多载波 SC-FDMA 和单载波 FDMA。其中 FDMA 作为 SC-FDMA 载波数为 1 的一种特例, 支持 3.75kHz 和 15kHz 2 种单载波粒度。单载波方式峰均比小, 终端功耗小, 适合于覆盖差的场景使用。而 3、6、12 多载波方式在覆盖条件较好, 终端功率不是限制因素时, 可以为终端提供较高速率。

3 部署场景差异性

NB-IOT 有独立、LTE 带内、LTE 保护带三种部署方式见图 1。相比 LTE 部署方式更灵活, 可以利用零散频率资源。独立部署模式下, NB-IOT 可以使用 GSM、CDMA 及其它空闲频率资源进行部署。LTE 带内部署模式下, NB-IOT 利用 LTE 内的 1 个 RB 带宽资

源进行部署,通过升级可共享 LTE 的 RRU 及 BBU 资源。LTE 保护带部署方式利用 LTE 信道上、下保护带频率资源进行 NB-IOT 部署,如 LTE 的 20MHz 带宽的实际传输带宽为 18MHz,上、下边带各有 1MHz 带宽可以部署 NB-IOT,该方式通过升级也可共享 LTE 的 RRU 及 BBU 资源。

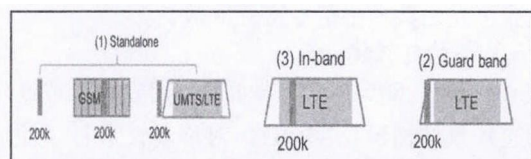


图 1 NB-IOT 部署三种场景

4 覆盖要求带来技术差异

为满足覆盖能力比 GPRS 提高 20dB 的要求,与 LTE 相比 NB-IOT 技术差异表现在 2 个方面。信道窄带化提升发射功率谱密度;重复编码累积能量提升解码成功率。

4.1 窄带化技术

下行方向:在独立部署方式下,NB-IOT 的带宽仅为 20MHz LTE 的 1/100,同等发射功率下,功率谱密度提升约 20dB。其它 2 种方式由于和 LTE 共享功率资源,功率谱密度提升受到限制,根据规范 NB-IOT 的 RS 功率相比 LTE 的 RS 功率可提升 9dB。上行方向:单载波带宽最小为 3.75kHz,比 20MHz 的 LTE 终端发射功率谱密度提高约 37dB

4.2 重复编码

根据相关资料显示在下行 MCL=164dB 的极端覆盖条件下,当 NB-IOT 的功率比 LTERS 功率提升 6dB 时,需要 512 次重复编码才能满足要求。如取消功率提升,需要 2048 次重复编码,为此规范要求下行 NPDSCH 最大重复数为 2048。而上行采用单载波方式,功率谱密度较高,NPUSCH 最大重复数规定为 128。

4.3 GAP 机制

较长的重复编码带来资源不能充分利用的问题。如在极端覆盖条件下,一个 UE 的 TB 传送可占用约 20s (10 子帧,重复 2048

次),导致覆盖条件好的终端不能及时接收到基站发送数据。同时因下行资源被占用,基站不能及时发送上行资源调度信息给终端,上行资源得不到利用。为此 NB-IOT 上下行采用了独有 GAP 机制见图 2。不同于 LTE,NB-IOT 的 1 个 TB 块(灰色部分)的发送可能分成几个不连续块进行发送,不连续块之间间隔一个 GAP 时间段,在 GAP 时间段内仅容许其它终端发送数据,保证了公平性及资源利用率。

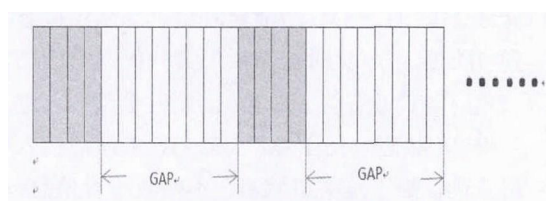


图 2 NB-IOT 中 GAP 机制

5 低功耗要求带来差异化

NB-IOT 在极端覆盖条件下,一节 5wh (瓦时)的电池使用年限应达到 10 年。为满足要求,NB-IOT 对 LTE 休眠机制进行了扩展、信令进行了简化,同时引入一些新的功率节省机制。

5.1 eDRX 休眠机制扩展及 PSM 新机制

休眠机制即 UE 进入休眠状态时,除了特殊时刻,不再进行任何通信活动。当到了接收寻呼消息时刻或数据上传,它会唤醒它自己,然后如无数据发送或接收又进入睡眠状态。休眠机制是降低功耗的重要技术,在 LTE 中休眠机制有 idle 态和 connect 态休眠机制,DRX 周期越长,休眠时间越长,功耗越小。在 LTE 中 i-DRX、C-DRX 周期最长 2.56 秒,NB-IOT 中对 DRX 周期进行扩展,i-DRX 周期长达 2.91 小时,C-eDRX 周期长 10.24 秒。

PSM (功率节省模式)是针对 M2M 业务引入的新机制,一般 M2M 业务可能较长时间仅有一次数据发送,发送数据的间隔时间较长,对数据传送延迟不敏感。PSM 工作示意图 3。

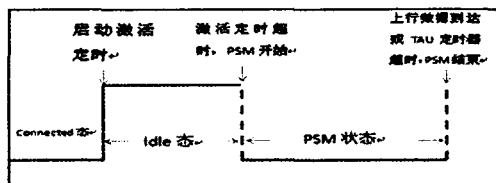


图3 PSM工作机制

PSM一般设置2个定时器,一个PSM激活定时器,一个TAU周期性更新定时器。在每次附着过程和TAU更新过程中,UE可以请求一个PSM激活定时器,网络 and UE均存储该UE的PSM激活定时器。当从连接态到IDLE态时定时器激活,其间如返回连接态定时器停止。当PSM激活定时器超时,进入PSM状态。在PSM状态UE去激活接入层功能,处于准关机状态,不接收下行信息。MME侧认为UE不可达,MME不会寻呼UE,但保持UE在登记状态。终端返回连接态过程不需重新附着及重建PDN连接。

PSM状态终止由UE触发,当UE有数据要发送或TAU更新时PSM状态结束,当数据发送结束或TAU更新结束后进入下一个PSM过程。

PSM和eDRX相互补充,对降低终端功耗起到较大作用。

5.2 数据传送过程优化

数据传送过程中需大量信令交互带来终端功耗增加,NB-IOT通过引入控制面数据传输优化、用户面数据传输优化2种机制对信令进行优化,减少信令交互。

与LTE数据均通过用户面传输不同,NB-IOT引入通过控制面进行小数据传送机制。即由控制面NAS(非接入层)消息携带小数据业务,不论终端起呼还是被叫,都不需要DRB(用户面承载)建立,减少了用户面承载建立过程中信令交互次数。

LTE从连接态到空闲状态时,eNB和UE中会释放接入层上下文,在重新发送数据时,需要重新建立上下文。NB-IOT通过引入用户面数据传输优化功能后,无需使用业务请求

程序重新建立接入层上下文。该功能通过连接挂起程序和连接恢复程序实现。连接挂起程序中,在进入空闲状态时,UE保留接入层上下文,基站保留接入层上下文及承载相关S1AP信息,MME保留承载相关S1AP信息。连接恢复程序无需使用业务请求程序,利用已存储信息即可建立EPS承载发送数据,减少了发送数据中信令交互次数。

5.3 移动性优化

根据NB-IOT终端主要使用在静止或低速场景的情况,NB-IOT对移动性进行了简化,终端只支持空闲态小区选择或重选,不支持连接态切换、异系统间的移动性、测量报告上报等,通过减少测量及数据上报,减少功率消耗。

5.4 接入过程优化

传输不成功导致信令重发,降低了资源使用效率,也导致终端功耗增加。为了合理使用资源,提高信令传送成功率,NB-IOT根据终端所处位置不同,采用不同措施。在随机接入过程,为提高系统信令传送成功率,NB-IOT提供了0-3共4个覆盖接入等级,终端根据接收RSRP或网络侧指示确定覆盖接入等级,对发送接入前缀进行不同重复,提高单次发送成功。

6 终端低成本带来差异化

NB-IOT低成本是市场推广能否成功关键因素,相比LTE,NB-IOT采用以下关键技术及LTE功能简化。

6.1 窄带化技术

NB-IOT采用180kHz窄带,窄带系统采样率低、终端速率低、基带处理复杂度低、缓存Flash/RAM要求小。

6.2 天线模式简化

NB-IOT对天线模式进行简化,不支持MIMO,终端仅支持单天线模式。同时半双工方式(HD)采用,降低了终端射频成本。

6.3 单载波技术

NB-IOT上行采用单载波技术、信号峰均

比低, 功率回退少, 终端功放效率高, 可支持单片 SoC 内置功放 PA, 进一步降低成本。

6.4 系统功能、信道简化

NB-IOT 对 LTE 功能进行大幅度删减, 如 NB-IOT 不支持载波聚合、移动性、异系统间切换等。NB-IOT 虽采用一套类似 LTE 的物理信道, 但取消 PHICH PCFICH PUCCH 信道, 降低了终端性能要求。

6.5 解码时限放松

NB-IOT 降低解码时限要求, LTE 终端下行数据发送指示信令的解码与下行数据接收在同一子帧, 解码时限要求高。在 NB-IOT 中下行数据发送指示信令提前于下行数据发送, 解码时限要求低, 降低终端处理能力要求。

6.6 HARQ 机制优化

不同于 LTE 的 HARQ 采用多进程, NB-IOT 中 HARQ 仅支持一个进程, 降低了终端并行处理能力要求及缓存要求。

7 系统高容量需求带来差异化

NB-IOT 容量需求差异化采用的相关技术前面已有所涉及, 此处从容量需求角度进行简要介绍。

7.1 用户业务模型

不同于 LTE 用户对数据速率要求高、时延要求严。NB-IOT 用户业务模型要求速率低、时延不敏感, 2 次数据传输之间的间隔时间大。NB-IOT 通过调度和配置 eDRX、PSM 不同定时器值, 可以使大量终端处于休眠态或 PSM 状态, 避免了大量 UE 在同一时间处于连接状态。同时上下文信息由基站和核心网维持, 一旦有数据发送, 可以迅速进入激活态, 提高资源利用效率, 保证系统满足大容量需求。

7.2 窄带化技术

NB-IOT 由于用户数据业务要求低, 可以采用窄带技术, 调度颗粒小, 在同样的资源情况下, 调度用户更多, 资源的利用率会更高。

7.3 信令优化

核心网控制面数据传送优化及用户面数据传送优化等可降低终端对系统资源占用, 有助于提升系统容量,

8 结 语

经过 3GPP 组织卓有成效的工作, NB-IOT 从 2015 年 9 月立项到在今年 6 月用时仅 10 个月, 完成了全部核心标准协议研究及制定, 并获得批准。

NB-IoT 技术具有低成本、低功耗、广覆盖、支持海量连接等优点。系统带宽占用少、能充分利用零散频率资源, 支持独立、LTE 带内、LTE 保护带灵活部署方式, 市场应用前广阔。NB-IoT 协议正式发布, 将进一步促进 NB-IoT 产业链发展, 并有望成为运营商新的收入增长点。

参考文献

- 1 3GPP R1-165971 Introduction of NB-IoT (36.213) 2016.6
- 2 3GPP R1-165972 Introduction of NB-IoT (36.213) 2016.6
- 3 3GPP R2-164399 Introduction of NB-IoT in 36.304 2016.6
- 4 3GPP R2-164573 Introduction of NB-IoT in 36.331 2016.6
- 5 3GPP R1-161805 NB-PDSCH design 2016.3
- 6 3GPP TR 45.820 V13.1.0 Cellular system support for ultra-low complexity and low throughput Internet of Things (CIoT)
- 7 3GPP TS 23.401 V14.0.0 General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access