

基于NB-IoT的用电信息采集应用

随着智能电网用电业务的深化应用，用电信息采集系统不断推广，对智能通信网络的网络覆盖、带宽、可靠性和安全性提出了更高的要求。提出基于窄带物联网（NB-IoT）技术的用电信息采集应用方案，通过NB-IoT与同类技术的对比分析，论证电力NB-IoT在用电信息采集应用中的可行性。基于电力NB-IoT技术优化现有的智能用电通信网络和基础架构，为构建面向智能用电的低成本、高速和高可靠性的新型通信网络提供重要参考。

霍超 冯少力 苏斓 赵婷 张健/北京智芯微电子科技有限公司

0 引言

随着能源互联网与智能电网的稳步发展，电力通信业务流量日益繁杂。用电信息采集业务是智能配用电建设的重中之重，需要对智能电能表实现“全覆盖，全采集，全费控”，通过在智能电能表上安装的通信模块，将用电数据回传至主站，实现有效的管理。在以往的方案中，大多数用电信息采集装置都是通过电力专用网络与主站通信，而GPRS、LoRa等无线技术又都存在各自的局限性，能否成为各方主流方案还有待进一步验证。

窄带物联网（NB-IoT）作为一种新型无线接入技术，具有低成本、低功耗、低速率和广覆盖的特点，在物联网业务中得到广泛认可。随着相关标准制定完毕，主流网络设备厂家相继发布了各自的NB-IoT应用方案，各大运营商也已在部分城市进行了业务应用示范。基于NB-IoT的物联网技术蓬勃发展，在智能配用电的发展中具有巨大的潜力和应用前景。

因此，本文提出一种基于NB-IoT技术的用电信息采集应用方案，结合智能配用电业务特性，设计基于NB-IoT技术的用电信息采集系统架构，论证电力NB-IoT在用电信息采集业务中的适用性。NB-IoT技术在智能配用电领域的应用，有助于提高用电信息采集业务的可靠传输和全面覆盖，进一步满足智能电网条件下的电力通信终端的本地业务接入需求。

1 NB-IoT的技术特性

NB-IoT源自LTE，主要采用了LTE的部分技术，并在此基础上有针对性地作了相应的修改。NB-IoT使用200 kHz的频段，其物理层下行信道的调制解调采用相移键控（QPSK），并采用子载波间隔15 kHz的正交频分多址（OFDMA）技术；而上行信道的调制解调采用二进制相移键控（BPSK）或QPSK以及单载波频分多址（SC-FDMA）技术。SC-FDMA技术主要分为单载波和多载波两种方式：单载波技术的子载波间隔为3.75 kHz或15 kHz两种，以适应IoT终端超低速率和超低功耗的要求；而多载波方式采用15 kHz的子载波间隔，以满足更高的速率要求。此外，NB-IoT基于LTE标准进一步制订了高层协议，为满足多业务连接、低功耗和微数据量的应用要求进行了相应修改和优化。NB-IoT的基本框架如图1所示。

根据NB-IoT的技术标准，NB-IoT所支持的物联网业务的主要特征如下。

1) 低速率。NB-IoT主要针对物联



霍超/工程师

关键词/Keywords

窄带物联网 ·
用电信息采集 ·
智能电网 ·

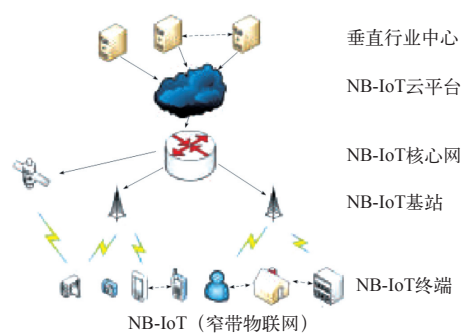


图1 NB-IoT基本框架

网低速率业务演进而来，采用了低阶调制解调技术，因此具有数据传输速率低的特征。

2) 高时延。NB-IoT为了实现高可靠的广域覆盖，可以支持大规模的终端接入，导致NB-IoT网络节点频繁争用信道而造成数据多次重传，其通信时延不可避免地随之增大。根据相关标准，NB-IoT的数据传输时延的容忍程度可以达到10 s的级别。

3) 低频次。由于频繁的数据传输会导致NB-IoT终端的功耗过高，也造成NB-IoT的网络时延进一步劣化，因此NB-IoT的业务数据传输次数不能过于频繁。

4) 非移动性。由于物联网应用对其终端的功耗有苛刻的要求，NB-IoT标准的制定中并不支持连接状态的移动性，以达到节省终端功耗的目的。

2 基于NB-IoT的用电信息采集系统

2.1 系统架构

基于NB-IoT的用电信息采集系统主要包含主站层、网络层和采集层三层架构。主站层是整个采集业务的管理中心，负责整个系统数据传输、处理及应用，通过与主站的业务管理系统双向互动，支撑用电信息采集业务的应用平台。主站层主要分为前置采集平台、用电信息采集业务应用平台及数据管理平台。前置采集平台通过网络层实现与采集终端的交互，采集用电数据信息并相应地抄收指令；用电信息采集业务平台面向多种应用场景，支持多种智能用电的通信业务；而数据库管理系统主要负责用电信息数据的存储和管

理。网络层作为主站和采集设备之间的信息通信支撑，为主站系统和底层众多用电信息采集装置之间提供本地接入通信和远程通信；网络层主要采用NB-IoT作为通信网络。

基于NB-IoT的用电信息采集系统架构如图2所示，主要包括：用户电能表与采集器装置、NB-IoT终端、NB-IoT基站、系统防火墙、后台管理系统以及数据库。NB-IoT终端负责从电能表端采集用户用电数据并将数据传送至NB-IoT基站，基站通过安全防火墙把数据传递给后台数据库和用户移动端设备，使用防火墙是为了保障数据的可靠性，强化系统的安全。

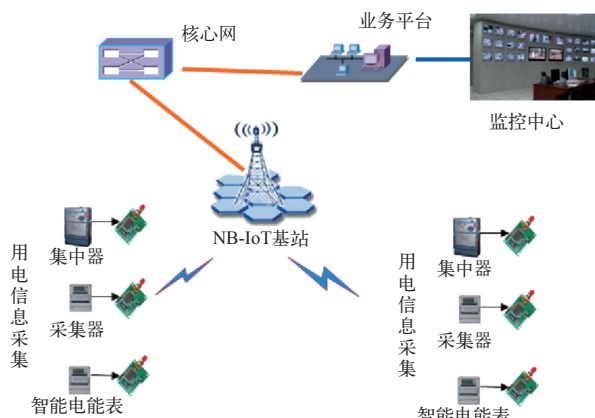


图2 基于NB-IoT的用电信息采集应用方案

基于NB-IoT的用电信息采集系统中，采集层主要由智能电能表、采集终端和通信模块构成，负责采集电力用户的原始用电信息。采集终端包括集中器和采集器收集、处理电能计量信息，对用电信息进行采集和监控。抄表终端主要面向低压非居民用户和居民用户，采集设备主要为智能电能表，其功能包括电能计量和数据传输；智能电能表由计量与数据处理、存储单元、通信单元及通信接口等单元构成。

2.2 工作模式

NB-IoT终端的工作模式主要为半双工模式，通常有三种部署方式：独立部署、保护带部署和带内部署。NB-IoT根据覆盖等级，分别可以克服144 dB、154 dB和164 dB等不同等级的信号衰减。通过判断终端与基站之间数据传输的完整性以决

定数据是否需要重发以及重发次数。由于远程智能抄表系统具备低成本、低功耗等特点，在NB-IoT终端进行发送和接收数据时，只需一个切换器即可设置数据接收或发送的模式，包括Type A和Type B两种类型。

在Type A模式下，用户设备（User Equipment，UE）发送上行数据时，其前面一个子帧的下行信号中的最低位数的Symbol不接收信号，用来作为时隙保护；在Type B模式下，用户设备在进行上行信号数据的发送时，其最高位的子帧和最低位的子帧将不接收下行信号数据，使得时隙保护变长，使得信号的可靠性进一步得到提升。同时Symbol组之间可以进行跳频，进行子载波起始位的选择及Random Access Preamble（随机存取前导码），在进行存储之前，NB-IoT终端通过RSRP（参考信号接收功率）去选取工作模式，并利用该模式下的NPRACH窄带物理随机接入信道，如果随机存储失败，NB-IoT终端会跳频到下一个模式，直到窄带物理随机接入信道匹配成功，如图3所示。

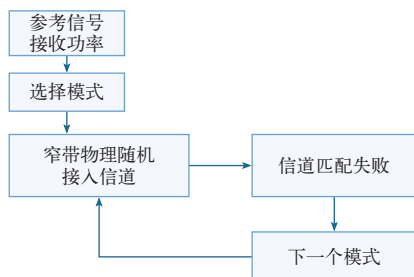


图3 NB-IoT的信道接入匹配过程

2.3 信号接入

在NB-IoT对居民小区进行信号接入的设计上，采用了两种方式进行接入：基于竞争的NB-IoT信号随机接入和基于非竞争的信号随机接入。通过将NB-IoT系统设置为容忍延迟模式，可以满足远程用电信息采集业务的要求。当NB-IoT基站发送指令至NB-IoT终端时，终端设置为延迟模式并且解除会话连接。为了防止终端每次被唤醒又要重复配置以进行数据传输，必须将延迟ID写入到无线资源控制连接延迟请求中，以减少NB-IoT

终端进行模式切换的数据流量以及所需的能耗，提高用电信息采集终端的待机时间。

2.4 数据传输

NB-IoT终端完成收集电力用户的用电数据之后，将数据上报给基站。基站再将数据汇总并上传到主站的数据库。NB-IoT终端只能使用一个载波进行数据传输，因此可以通过数据多次重传来满足集中抄表的可靠性和准确性，而数据重传次数主要取决于随机存取信道、控制信道和数据信道。

3 电力NB-IoT的应用分析

基于NB-IoT的远程抄表方式可有效提升用电信息采集能力，为提高用电服务水平提供了基础的通信平台。NB-IoT技术在用电信息采集领域有以下特点：业务速率较低、采集时延可容忍、支持并发业务和覆盖距离远等，并且可以进一步支持高频度的实时用电数据采集。NB-IoT与传统的GPRS和目前的LoRa技术性能对比如下表所示。

表 性能对比表

指标	频谱范围	发射功率/dBm	覆盖范围/km
NB-IoT	LTE&2G Band	23	15
GPRS	2G Band	18	1
LoRa	433/868 MHz	14	10

通过表1的对比可以看出，NB-IoT具有广覆盖、吞吐率等优越性。NB-IoT下行采用OFDMA，上行采用SC-FDMA调制解调技术以及可重传200次的技术特点，可有效提高用电数据采集过程中的可靠性和准确性。

由于NB-IoT具有“低宽带，低功耗，低数据量”的优势，在用电采集领域有着很高的适用性，具有巨大的应用前景。

1) 间采变直采。从低压抄表升级为主站直抄，直接从采集主站抄读数据及下发参数指令。用电采集系统对电能表采集用无线通信方式直接采集，满足了用电信息采集业务对采集频度、采集成功率及多业务应用的要求，提高了抄收成功率。

2) 实时监控。用电信息获得的效率可以缩短

到分钟级,可以获得连续的用电负荷曲线,实现了实时监测用电信息,为精细化用电负荷管理、故障定位提供基础。

3) 信息双向互动。通过窄带物联网技术,不仅电力企业可以获取基站信息,基站也能获取电力企业侧的信息,并将信息同步发送到每个电力用户的智能电能表上,实现“电力流,信息流,业务流”的双向高效互动,达到用电侧精细化管理的目标。

4) 并发采集。基于NB-IoT的并发业务接入技术,实现了大量终端的海量数据并发采集与实时存储,极大地缩短了主站对大型台区所有用电终端的数据采集处理。

5) 宽窄带融合通信。通过宽带无线(4G专网)和窄带无线(窄带物联网)技术的深度融合,通信网络架构可以大为简化,互联互通性得到极大改善,为业务灵活部署、配用电一体化提供了有利条件。宽窄带无线的融合,所有电力用户数据通过基站直接采集,便于系统及时诊断配用电线路故障,将故障精确定位到户,获取故障信息并回传给主站,有利于电力运维人员实现用电故障的快速检修。

6) 用电服务优化。通过实时采集实现用电数据的精细化管理,系统得以深入掌握用户用电习惯,分析用电行为,为优化用电服务提供可靠、详实的数据。

4 结束语

随着智能配用电新业务的多样化和复杂性与日俱增,传统电力通信技术难以适应海量业务的挑战,迫切需要高效率、复杂度适中且易于实现的本地通信解决方案。为了提高电力通信技术对智能用电大规模海量业务的支持能力,提出了一种基于NB-IoT的用电信息采集应用方案。分析结果表明,所提出的基于NB-IoT的用电信息采集系统应用方案可以有效满足智能用电通信业务本地接入的主动承载和支持能力,最终实现电力物联网对智能电网海量业务通信需求的可靠、高效支持。

参考文献

- [1] Beyene Y D, Jantti R, Tirkkonen O, et al. NB-IoT technology overview and experience from cloud-RAN implementation [J]. IEEE Wireless Communications, 2017, 24 (3): 26-32.
- [2] Dai Guo Hua, Yu Jun-Hua. Research on NB-IoT background, standard development, characteristics and the service [J]. Mobile Communications, 2016 (7): 31-36.
- [3] Boisguene R, Tseng S C, Huang C W, et al. A survey on NB-IoT downlink scheduling: issues and potential solutions [C]. Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IEEE, 2017: 547-551.
- [4] Wang Y P E, Lin X, Adhikary A, et al. A primer on 3GPP narrowband internet of things (NB-IoT) [J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 55 (3): 117-123.
- [5] Ratasuk R, Vejlgard B, Mangalvedhe N, et al. NB-IoT system for M2M communication [C]. Wireless Communications and NetWorking Conference Workshops, IEEE, 2016: 428-432.
- [6] Mangalvedhe N, Ratasuk R, Ghosh A. NB-IoT deployment study for low power wide area cellular IoT [C]. International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications, IEEE, 2016: 1-6.
- [7] Oh S M, Shin J S. An efficient small data transmission scheme in the 3GPP NB-IoT system [J]. IEEE Communications Letters, 2017, 21 (3): 660-663.
- [8] Adhikary A, Lin X, Wang Y P E. Performance evaluation of NB-IoT coverage [C]. Vehicular Technology Conference, IEEE, 2017: 1-5.
- [9] Sinha R S, Wei Y, Hwang S H. A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT [J]. Ict Express, 2017, 3 (1).

(收稿日期: 2018-02-27) **EA**