

「电力通信」

基于电力无线专网的用电信息采集业务接入控制方法

文/北京智芯微电子科技有限公司 王 祥 王立城 霍 超 宋彦斌 赵 冲

随着智能电网通信终端数量和业务的迅速增长，LTE电力无线专网的接入控制已成为海量业务的重要瓶颈，其接入时延、阻塞率和资源利用率在一定程度上影响了电力业务的可靠性和实时性。针对大规模用电信息采集业务，提出了一种电力数据分组业务的无线接入控制方法。首先提出了面向用电信息采集的电力无线专网系统架构，其次结合智能配用电业务的特点，建立电力数据分组业务的无线接入控制模型，最后进行仿真验证。仿真结果表明，所提出的用电信息采集业务接入控制机制，能有效提升电力无线专网对业务的可靠高效支持能力。

随着能源互联网与智能电网的稳步发展，电力通信本地接入业务流量日益庞大，电力无线专网以其低成本、广覆盖的优势，成为电力通信接入网的主流技术之一。随着LTE技术的演进，电力无线专网已成为电力行业发展的新趋势，相关技术标准的制定稳步推进。电力无线专网技术既要保障电力通信业务带宽和实时可靠性，还要具备对智能电网海量业务的可靠高效支持能力。因此，电力无线专网的业务接入控制性能尤为重要。

目前国内电力无线专网通常来说采用1.8 GHz或者230 MHz电力专用频段，可以有效保证无线传输质量及信息的安全性。随着业务接入终端规模的迅速增长，电力无线专网需要面对由于海量业务接入导致的阻塞、延时、丢包等问题。电力无线专网在进行信息终端业务通信时，主要采用的是轮询接入控制的方式，在一定程度上影响了电力无线专网对业务的支撑能力，由于电力业务自身特点而要求相应的接入控制方式，怎样结合电力无线网业务的应用环境和业务实现方式等特点设计相应的接入控制方式，从而使电力业务可

靠高效实现，提高电力无线网信道利用率，加快电力无线专网的发展是今后电力无线接入控制策略研究的重点和方向。

因此，本文提出一种业务并发接入控制机制，结合智能配用电业务的特点，设计电力数据分组业务的无线接入控制交互流程。该机制能够较好地解决采集系统在实际运行中出现的问题，提高无线资源的利用率和信息采集业务实现的可靠性，满足智能电网条件下的通信需求。

面向配用电业务的电力无线专网系统架构

配用电网络覆盖面广，运行环境复杂，除了满足各类业务通道要求之外，还需要满足：

1) 安全性要求。根据《电力二次系统安全防护规定》及《电力二次系统安全防护总体方案》的要求，电力二次系统安全防护工作应坚持安全分区、网络专用、横向隔离，纵向认证的原创。智能配用电网中的纵联保护、配网自动化、能源站监测、负荷控制等业务属于电力监控系统的范畴，必须使用专用网络的生产控制大区来承载。

2) 可靠性要求。智能配用电网应考虑通道备

用且具有自愈功能,通信设备的可靠性应为工业级,电源、机房环境等基础设施也应有一定的可靠性保障。

3) 经济性要求。配电网设备数量非常庞大,智能配用电通信网应根据业务发展情况,区分保障和覆盖两种类型的通信节点,合理选择经济的通信方式。

配用电通信网络分为骨干层和接入层,配电主站和配电子站之间的通信网络为骨干层,配电主站、子站至配电终端的通信网络为接入层。接入层可充分利用电力无线专网,依托LTE等无线通信技术。电力无线专网主要应用于用电信息采集和配网自动化等电力业务的承载。

在用电领域,LTE技术与主流的光通信、电力线通信(PLC)技术相比,拥有高可靠、广覆盖且成本适中为主要优势;未来随着用电信息采集业务向更精细化管理方向的发展,电力无线专网技术将成为智能配用电领域最重要的通信方式之一。目前,国家电网公司已全面开展电力无线专网技术系列标准的制定。

LTE 协议中把随机接入分为两类:①竞争接入方式下所有无线终端竞争性地接入基站,碰撞不可避免。②非竞争接入方式则允许基站预留一部分资源用于必须具有高接入率的场景。在电力无线专网的实际场景中,网络业务接入性能要受到传统LTE 随机接入机制的制约,海量业务的并发接入往往导致阻塞和延时等问题。

用电信息采集业务接入控制算法

针对电力无线网终端通信业务的阻塞与延时问题,本文结合电力无线专网并发通信容量特点和用电信息采集业务的应用模式,提出了一种结合随机竞争与时分复用的用电信息采集业务并发接入控制算法。

1. 业务接入控制算法思想

本文所提出的用电信息采集业务并发接入控制机制,其基本思想为:将电力业务采集终端按相近区域原则进行分组,每一小组的终端数量小于电力无线网基站并发容量;结合电力业务应用特点将每个组的通信过程分为竞争周期和补偿重传周期,利用随机竞争和时分复用技术,优化电力无线专网对业务的并发接入控制。竞争周期内,无线终端利用竞争通信时序的接入策略与主站进行通信,上报用电数据信息;补偿重传

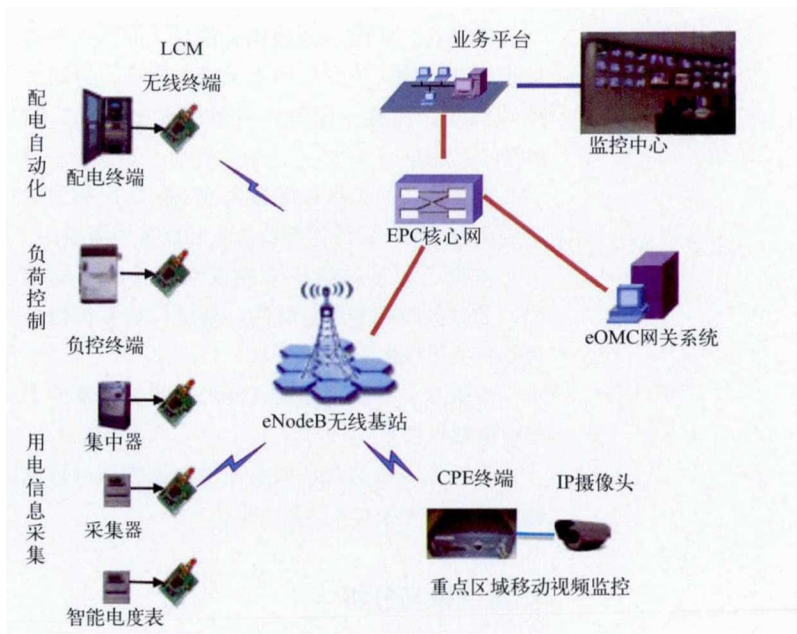


图1 电力无线专网系统架构

周期内,未能成功上报的无线终端在主站所分配的时序内定时与主站通信,进行阻塞业务的数据重传。

2. 业务接入控制交互流程

电力无线专网的用电信息采集业务并发接入控制算法采用相邻原则对无线终端进行分组,同一区域相邻的无线终端则归为同一组,并标识相应的组号,各个组包含的信息终端数小于基站的并发容量。电力无线专网的业务并发接入控制算法的流程描述如下。

步骤一:广播系统接入消息,即基站通过广播系统信息告知所有无线终端接入无线信道的参数及可用于竞争接入的前导序列集合。

步骤二:MSG_1消息发送前导序列,即无线终端设备在前导序列集合中随机选择一个序列发送前导消息。根据LTE 协议规定,前导序列之间是相互正交的,基站可以在上行接收端区分不同的序列接入。因此,多个无线终端在相同的接入信道时隙内,选用不同的前导序列并不存在冲突。

步骤三:MSG_2消息接入反馈,即基站完成前导序列解码之后,根据序列发射的时隙,计算出网络临时标识。无线信道接入反馈信息通过下行共享信道分发给所有无线终端。

步骤四:MSG_3连接请求消息,即无线终端通过步骤三分配的无线信道资源发送连接请求消息;请求信号中包含了每个无线终端的唯一标识符。

步骤五：MSG_4连接确认消息，即无线终端接收到连接确认信令标识表示接入成功，否则，接入失败，退避一段时间后重新发出步骤二的MSG_1消息。

步骤六：当无线终端接入请求失败次数到达一定次数之后，该终端等待进入补偿重传周期。

步骤七：基站统计未能成功上报的终端编号，为这些终端分配好时隙，通过广播系统信息告知相关无线终端启动重传。

步骤八：终端根据所分配到的时隙，重传上报业务数据信息。

步骤九：基站确认所有无线终端的用电信息抄收成功，业务交互流程结束。

仿真结果与分析

为了验证所提出的机制，本文在基于NS2的仿真软件平台上构建一个电力无线专网的仿真系统，仿真系统由一个基站和500个无线终端构成。选用阻塞率、平均接入延时和重新接入平均次数作为评估指标，需要指出的是后面两者是针对成功接入的终端而言的，所以三个指标需要相互结合起来分析。以智能配用电通信的本地接入作为典型业务场景，通过仿真进行验证。

图3通过无线终端的业务量变化来比较轮询接入控制与并发接入控制两种机制的电力无线专网时延性能，设网内通信终端600个，基站的并发容量为80，每组包含的电力业务信息终端数量为60个，每个信息终端的通信业务量在40 Byte 到330 B之间进行变化。随着业务量增加，两者的平均通信延迟都线性增加，本文所提出的并发接入控制比传统的轮询接入控制方法的平均通信延迟得到

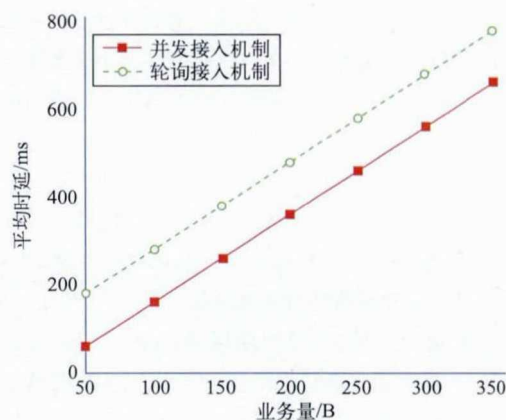


图3 平均通信时延比较

明显改善，业务的实时性得到了显著提高（可达15.72%）。

图4为业务阻塞率的性能比较。可以看出随着数量的增加，这两种业务接入控制机制的业务阻塞率性能都是递增的，其中本文提出的并发接入控制机制能有效减缓业务接入的阻塞率。但是，两者的递增的趋势表明，随着终端数量迅猛增加，业务接入阻塞率会严重影响整个通信系统的传输质量（抄收成功率与业务交互的实时性）。

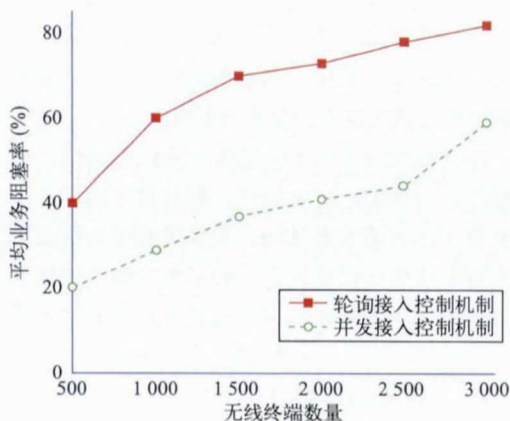


图4 平均业务阻塞率比较

通过图3和图4对比分析表明，本文所提出的业务并发接入控制机制能有效地解决电力无线专网信息终端通信业务阻塞与时延问题，保证基于电力无线专网的用电信息采集业务能够可靠实现，推动电力无线专网在用电信息采集领域的应用与推广。

结束语

随着智能电网新业务的多样化和复杂性与时俱进，传统电力无线专网的业务接入控制方法越来越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业务控制接入方法。本文为了提高电力无线专网对智能电网海量业务的主动支持能力，提出了一种电力分组数据业务接入控制算法。仿真结果表明本文所提出的业务接入控制方法在保证电力无线专网带宽和实时性的同时，可以有效提升电力无线专网对智能配用电多业务本地接入的主动承载和支持能力，最终实现电力无线专网对智能电网海量业务通信需求的可靠高效支持。EA

（收稿日期：2017.08.30）

（编辑：白文亭）