

「控制系统」

基于LTE-230MHz无线专网的语音调度业务接入技术

文/国网福建电力公司 叶 勇

国网福建省电力有限公司信息通信分公司 蔡宇翔

国网信通亿力科技有限责任公司智能电网大数据实验室 章剑涛 罗义旺 刘燕秋

坚强智能电网的发展对其配电系统调度业务提出了更高的可靠性和实时性要求。由于当前电力通信方式的多样化，导致语音调度业务的服务质量存在差异性。对当前的电力语音调度业务及其通信技术进行分析，系统地介绍了LTE-230MHz无线专网技术。在此基础上，提出了一种高实时性的配电网调度语音业务接入方法。典型应用场景下的测试结果验证了所提出的电力调度语音业务接入方法的有效性和合理性，并取得了良好的应用效果。

坚强智能电网的发展和能源互联网的兴起，极大促进了多种能源通过电网互联互通，并能实现各种能源优化配置与电网协调发展，为多种电源和电力用户提供灵活接入。顺应这一趋势，国家电网公司提出了“一强三优”的科学发展的战略目标。电网调度作为坚强智能电网的重要环节，是实现“一强三优”战略目标的重点建设内容之一。

电网调度作为“信息化、自动化、互动化”坚强智能电网的重中之重，在能源互联网的新形势下面临着巨大挑战，以满足未来坚强智能电网的各种需求。语音调度业务是电力调度系统的重要组成部分，其业务质量对于电网运行的可靠性和灵活性有着直接影响。

作为电网调度业务的重要支撑，电力通信技术必须满足信息传输的高可靠性和高实时性，以及覆盖广泛性等要求；电力通信网络要具备系统可扩展性、接口一致性和互联互通性。而现有的电力系统中，语音调度所采用的通信技术类型严重缺乏一致性和兼容性，如此复杂多样的通信技术导致语音调度业务的效果良莠不齐。通信方式

的差异性导致语音调度系统的功能和使用效果难以满足业务需求。因此，为了满足电力语音调度业务的发展需要，亟待高性能、高可靠性和高安全性的电力宽带通信网络系统。

LTE-230MHz电力无线专网充分利用电力行业专用230 MHz无线频谱资源，能够为各种电力业务提供可靠、实时、高效的通信服务。充分利用现有LTE-230MHz无线宽带技术的优势，本文设计了基于LTE-230MHz电力无线专网的语音调度业务系统，并提出一种高实时性的电力调度语音业务接入方法，以高效满足高实时性的语音调度业务需求，提高了电力无线宽带通信系统服务智能电网的能力。

电网语音调度系统架构与通信技术分析

1. 电网语音调度系统架构

电网语音调度业务对其通信系统提出了实时性强、可靠性高、操作简单等要求。语音调度的通信系统主要功能包括：呼叫建立、呼叫释放、呼叫保持、强插、强拆、强挂、监听、转接、调

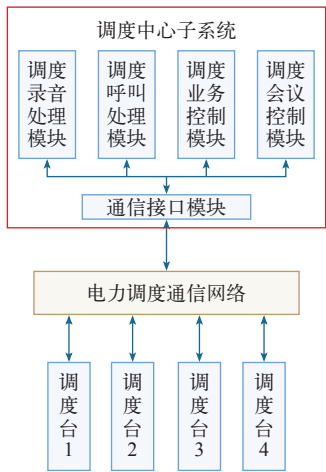


图1 电力调度语音系统架构

度会议、群呼、录音、代答和夜服等功能。

调度中心的功能包括：调度台注册/注销；调度台状态的维护和管理；用户与调度台呼叫的续接；用户状态请求/报告；呼叫排队等。

调度台的功能包括：调度员注册/注销、分机忙闲状态显示、呼叫建立、呼叫释放、呼叫保持、强插、强拆、强挂、监听、转接、调度会议、群呼、录音、代答和紧急呼叫等功能。

2. 电网调度通信技术分析

作为电网语音调度系统的实现基础之一，可选用的通信技术主要有电力线通信（PLC）、无线公网、电力无线专网和光纤通信。其中，PLC和3G/4G无线公网方式对电网语音业务的适用程度较低，而光纤通信技术和新型LTE-230MHz无线专网技术能较好地满足电网语音调度系统的业务需求特性。

表1 电网语音调度通信技术比较

通信技术	优点	缺点	满足程度
电力线通信	成本低，组网灵活，扩展性好	信道环境极其恶劣，通信质量的可靠性和实时性不佳。	低
3G/4G无线公网	覆盖性广，传输速率和成功率高，成本较低，	信息安全性难以保证，与通信运营商依赖性大。	低
光纤通信	通信带宽高，稳定性好，通信安全性高	网络建设和维护成本很高。	高
LTE-230MHz无线专网	频率资源独享、覆盖性好、稳定可靠、实时性强、安全性较高	存在一定的干扰和信号衰减问题	高

LTE-230MHz电力无线专网是基于230 MHz频段的无线宽带通信系统。LTE-230MHz电力无线专网由于采用的是电力行业专用230 MHz无线频段，具有频率资源独享、覆盖性好、稳定可靠、实时性强等优势；并且LTE-230MHz无线专网在建网和运维方面与光纤通信系统相比有着显著的低成本优势。经过上述综合比较，LTE-230MHz系统具有明显的综合优势，在电网语音调度领域具有良好的适用性。

LTE-230MHz电力无线专网技术方案

1. 技术方案

为了解决现有的电网语音调度业务所存在的主要问题，本文提出了基于LTE-230MHz电力无线专网的电网语音调度系统技术方案。LTE-230MHz电力无线专网集成了无线频谱感知、载波聚合、轻量级的通信协议栈等先进技术，能够较好地满足电力语音调度业务的需求。LTE-230MHz电力无线专网的架构如图2所示。

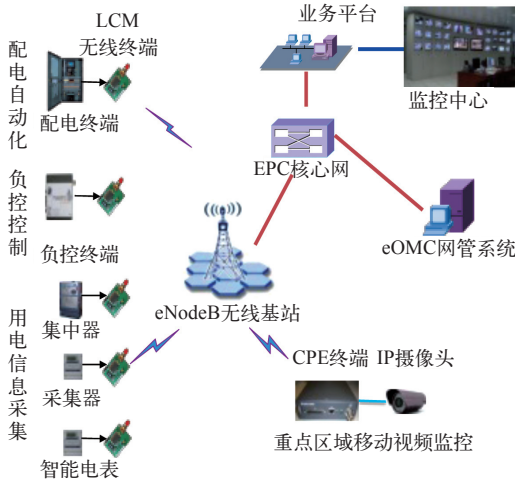


图2 LTE-230MHz电力无线专网

1) 终端UE。LTE-230MHz无线专网的通信终端与电力二次设备终端之间可高度集成，支持各类业务数据的上行通信和控制信息的下行通信等功能。无线专网终端的功能和性能及各类业务接口多样化，可根据语音调度业务需求，按照国

网公司相关标准定制其终端产品。

2) 基站eNode。LTE-230MHz无线专网的基站eNodeB主要具备无线信号覆盖、终端无线接入控制等功能。eNodeB既可通过空中接口与终端建立通信业务连接,又可通过S1接口与核心网EPC上联。

3) 核心网EPC。LTE-230MHz系统的核心网介于业务主站和无线接入网之间,负责终端认证、终端IP地址管理、移动性管理等终端的网络管理,负责无线接入网与核心网间链路管理、以及业务数据的统一交换控制和传送,具有可靠性强、集成度高、交换能力大、处理延时短、接口标准化等特点,充分满足高数据带宽、高稳定性、易于升级和扩展的部署要求。

4) 网管eOMC。LTE-230MHz无线专网的网管系统具备对网元的配置管理、故障管理、性能管理、日志管理、安全管理等功能,以优化网络运维,有效降低网络运维成本。LTE-230MHz无线专网的网管系统可以依据网络规模和业务量优化网络灵活部署,严格遵循国内外通信网管标准,兼容通用的协议接口,实现高度的互联互通性。

5) 业务主站。主要部署在调度中心和调度台主站,提供业务数据统计、查询、分析等功能,保证系统安全高效运行,并管理与其他系统的数据交换。

2. 技术优势

LTE-230MHz电力无线专网有着以下技术优势:

1) 业务承载力强,高速传输;支持长数据单帧、分帧发送;适于大型台区实时调度业务的应用。

2) 网络系统的建设和维护成本较低,覆盖性良好,极大地优化了基站的部署规划,有效降低专网的建设与运维成本。

3) 具备灵活高效的无线通信业务支持能力。基于载波聚合等技术特性,使得无线频谱资源得到更为高效的充分利用,频谱效率得到明显优化。在频谱资源稀缺的情况下,可实现灵活高效的无线数据传输技术方案在电力行业的应用。

4) 支持电网语音调度业务对其通信系统的高安全性和高可靠性要求。系统可靠性强,稳定性好,安全性高,有效提升电力通信业务的服务

质量,具备在电力行业广泛应用和持续演进技术前景。

5) 提供多业务综合技术方案,技术方案成熟度高,互联互通性好,可根据电力通信业务需求,支持智能电网多业务的综合承载。

高实时性的语音调度业务接入方法

为了保证语音调度系统的服务质量,承载该业务的通信网络必须具备极高的可靠性和实时性。为此,本文提出了一种高实时性的LTE-230MHz无线专网业务接入方法。

根据电网语音调度业务的端到端实时性需求,链路的权重取决于数据包的剩余时延。在数据和信令的传输过程中,传输时延往往占比远低于业务处理的排队时延,因此排队时延是影响业务总时延的主因。本文基于时延预测来估算业务数据包在不同优先级情况下所需的排队时延。在此基础上,得到该业务数据包在不同网络状况下的权重,并以此为依据进行语音调度业务的动态接入。

设LTE-230MHz网络基站的业务处理系统符合M/M/m/K排队模型,其中m为基站的业务服务能力,队列长度为K。数据按照参数为λ的泊松流到达基站,若基站有服务空闲,则直接进行业务接入。否则,数据要在缓冲区等待队列中等待,直至处理器空闲时再发送。

若业务的接入速率与业务到达速率相等,可以得出基站设备此时的空闲概率 P_0 。

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{m-1} \frac{m^n}{n!} + \frac{m^m}{m!} (k-m+1) \right)^{-1} \quad (1)$$

则等待队长设为 N_d 。

$$N_d = \frac{m^m}{2m!} P_0 (k-m+1)(k-m) \quad (2)$$

则业务u的逗留时间可由式(3)计算获得。

$$W_u = \frac{m^m P_{0,u}}{m! \lambda (1 - P_{0,u})} (k_u + 1) k_u \quad (3)$$

因此可得业务u的权值 L_u 。

$$L_u = (T_u - W_u) \left/ \sum_{j=1}^{N_u} (T_j - W_j) \right. \quad (4)$$

如图3所示,每次新业务到达时,先根据式(4)重新计算队列中所有业务的权值。再根据权值,对业务优先级进行动态排序,以确保高实时性的业务能够得到优先处理。

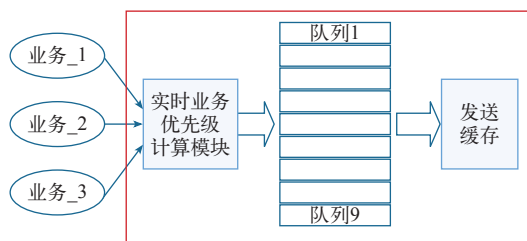


图3 高实时性语音调度业务接入方法

应用测试与效果

本系统方案在甘肃某地市进行了应用测试。通过对当地供电局进行语音调度设备的安装，配合各级电网调度系统，形成基于LTE-230MHz无线专网的电网语言调度系统。

为了验证所提出的高实时性语音业务接入算法性能，本文将传统的业务接入算法和本文算法进行了典型应用场景下的测试。应用场景是由一个LTE-230MHz接入基站eNode以及若干随机分布于基站周围5 km范围内的终端组成，测试结果如图4和图5所示。

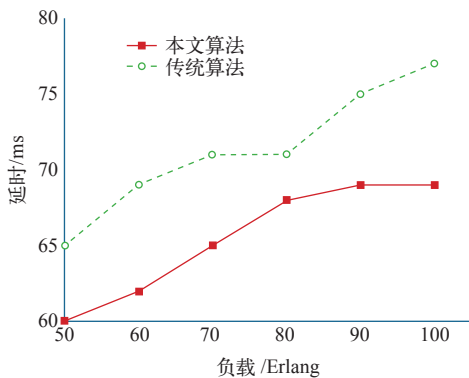


图4 业务端到端实时性比较

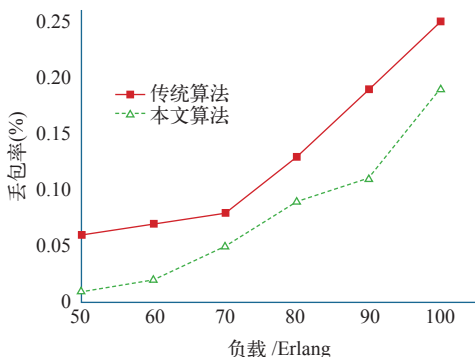


图5 业务端到端平均丢包率比较

图4为本文算法与传统算法的端到端实时性比较。随着网络中业务流的增多，传统的典型实时调度方法的端到端时延呈线性增加，并且传统算法都已经无法对低优先级的业务进行实时性保障，而本文算法则可以将低优先级业务的时延控制在端到端截止时间的范围之内。这是由于本文算法始终以截止时间作为参考进行资源的调度，因此可以根据业务的实时性需求动态的调整调度顺序。

如图4和图5所示，相比于传统的接入算法，本文算法在端到端实时性与业务丢包率等方面的性能都有明显的提升。在网络业务负载较轻的情况下，本文算法在性能上，略优于传统的调度算法，特别是对通信实时性极高的业务。但是在实际网络中，随着业务负载的不断增长，队列长度大为增加将导致拥塞情况的出现。因此，随着业务负载的增加，本文所提出的算法的优势就会越来越明显。

综上所述，基于LTE-230MHz电力无线专网的电力语音调度系统技术方案能够有效解决当前语音调度通信业务的实时性和成功率问题，利用230 MHz频段的覆盖率和可靠性优势，以保证系统通信业务的服务质量。LTE-230MHz专网具有高带宽独享，实时性良好的特点。此外，LTE-230MHz系统传输可靠性高，时延小，满足远程语音业务接入的传输需求。LTE-230MHz系统可以避免无线公网中重要业务的优先度难以保证的现象，解决业务数据量大幅度波动和网络阻塞问题，实现对电网语音调度业务的深度支持和有力支撑。

结束语

针对当前电力通信方式的多样化，导致语音调度业务的服务质量存在差异性。本文对当前的电力语音调度业务及其通信技术进行分析，系统地介绍了LTE-230MHz无线专网技术。在此基础上，提出了一种高实时性的电力调度语音业务接入方法。典型应用场景下的测试结果验证了本文所提出的电力调度语音业务接入方法的有效性和合理性，并取得了良好的应用效果。EA

（收稿日期：2017.05.30）

（编辑：白文亭）