

doi:10.13756/j.gtxyj.2016.03.024

无线通信技术

LTE 宽带无线公网在智能电网中的性能分析

樊会丛,赵建华,邵 华

(国网河北省电力公司 经济技术研究院,石家庄 050021)

摘要:配网通信是 DA(配网自动化)管理系统的关键技术之一。文章首先分别讨论了以光纤通信、电力线载波技术和蜂窝无线公网技术承载 DA 业务的优劣;然后在此基础上进一步阐述了基于第四代移动通信技术 LTE(长期演进)系统的组网方案;最后,针对 DA 业务中低压集抄业务的两种典型应用场景(周期汇报和供电恢复)仿真评估了 LTE 在 FDD(频分双工)以及 TDD(时分双工)模式下承载 DA 业务的可行性。仿真结果表明,对于周期性汇报居民用电业务, LTE FDD 系统和 LTE TDD 系统均能满足该项业务 QoS(服务质量)需求,而 LTE FDD 系统更适合承载此类业务。在居民区供电中断后恢复场景下,无论是 LTE FDD 系统还是 LTE TDD 系统,在无线侧都需要进一步的优化方案,以解决大量低压集抄终端同时接入时产生拥塞的问题。

关键词:配网自动化;无线宽带公网;基于频分双工的长期演进系统;基于时分双工的长期演进系统

中图分类号:TN929.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-8788(2016)03-0076-03

Performance Analysis of LTE Based Broadband Wireless Network in Distributed Smart Grid

FAN Hui-cong, ZHAO Jian-hua, SHAO Hua

(Economic and Technical Research Institute of State Grid Corporation of Hebei China, Shijiazhuang 050021,China)

Abstract: Distribution Automation (DA) technology is a key technology in the DA management system. This paper discusses the pros and cons of different communication techniques (i. e. , optical fiber communication, power line communication and broadband wireless communication) in DA. Based on the comparison, we further discuss the wireless broadband technique based on Long Term Evolution (LTE). Finally, we build the simulation platform and simulate two typical scenarios in the application of smart metering (i. e. , periodic reporting and power recovery). We evaluate the performance of LTE for the business of DA with both FDD and TDD modes. The results show that both the two modes can meet the requirement of Quality of Service (QoS) for the business of periodic reporting resident power consumption. Particularly, LTE-FDD system is more suitable for this business. In the scenario of power recovery after power outage in the residential areas, further optimizations at the wireless side are required for both LTE-TDD and LTE-FDD systems to solve the congestion problem caused by massive simultaneous access of smart metering terminal.

Key words: DA; broadband wireless network; FDD-LTE; TDD-LTE

0 引 言

配网通信是 DA(配网自动化)管理系统的关键技术之一,通信系统的性能在很大程度上决定了自动化系统的优劣^[1]。考虑到配网通信对实时性、可靠性和安全性的特殊要求,目前主要有光纤通信、载波电力线通信以及无线通信这 3 种通信方式^[2-4]。本文将分别讨论以光纤通信、电力线载波技术和蜂窝无线公网技术承载 DA 业务的优劣。无线通信具有施工速度快、投资小和可以快速投入使用等特点,这些特点使得 DA 的设计、建设、调试和维护工作得到极大的简化。然而,DA 业务并非现有无线公网运营商的核心业务和重点保障对象,因此需要进一步地分析研究无线公网所提供的通信性能是否能够满足当前配网通信的需求。本文将 DA

业务中低压集抄业务为例,针对低压集抄业务的两种典型应用场景(周期汇报和供电恢复)分析现有无线公网在承载正常蜂窝业务的同时,承载低压集抄业务的可行性。

1 技术体制选择

光纤通信具有保密性强、带宽宽、抗干扰能力强以及传输距离远等优点。然而,由于智能电网部署环境各不相同,若都使用光纤通信,势必会造成通信网络布局成本过高^[5]。而载波电力线通信虽然布网全面,解决了敷设光纤网络难等问题^[6],但是载波电力线通信也存在不足,主要体现为其传输数据速率低,难以满足数据控制信息流量日益增长的要求^[7]。

目前,备受各研究机构关注的 4G(第四代移动通信)技术可以支持更大的带宽、更高的数据速率,

其保密性及低时延性能都有很大的提升,对不同业务的 QoS(服务质量)保证效率也不断提高,这些特性使得 LTE(长期演进)系统在智能电网等行业应用中有着得天独厚的优势。

2 智能电网低压集抄业务场景分析

现阶段的低压集抄业务主要是居民小区的居民用电信息采集,如图 1 所示。首先对采集的信息进行简单的汇聚,然后将汇聚后的数据信息经过 LTE 网络传输,最后由管理与业务平台对此业务信息进行处理。

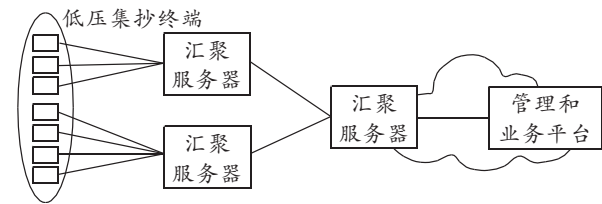


图 1 无线电力远程低压集抄系统场景图

低压集抄业务主要是一些数据量较低的应用(传输速率 ≤ 1 kbit/s,每月每终端流量约 3 Mbit)。通常情况下,低压集抄终端会安装在居民家或者是企业集团,安装后便不再移动。低压集抄终端可以周期性地地上报抄表数据,也可以根据管理与业务平台的请求按需上报数据。低压集抄业务对时延要求较低(≤ 10 s,无考核要求),但对传输数据误码率要求极高($\leq 10^{-3}$),因为配电站的运营效益以及居民对供电公司的信任必须通过极高的准确率来保证。

3 基于 LTE 技术的组网性能分析

由于 DA 业务并非公网运营商的核心业务和重点保障对象,现有 4G 技术并未对电力行业提供针对性保障,因此本文通过搭建 OPNET 系统级仿真平台,评估现有 LTE 网络承载智能电网业务的有效性。为了体现市区和郊区居民分布的差异性,分别考虑在单小区(半径为 500 m)中有 5 000、10 000 和 30 000 个低压集抄终端处于激活状态的情形。海量的低压集抄终端同时接入而导致接入碰撞甚至堵塞的典型应用场景主要有以下两种:

场景一:居民住户低压集抄终端周期性汇报业务数据。低压集抄终端在应用层有业务发起随机分布控制功能,在此场景下,5 000、10 000 和 30 000 个低压集抄终端在 60 s 内按照均匀分布等概率地接入 LTE 网络。

场景二:居民区供电中断后恢复,所有低压集抄

终端同时发起业务恢复过程。低压集抄终端的应用层无法进行随机分布控制,其随机接入请求可能无法容忍延时。低压集抄终端的随机接入请求可能分布在 10 s 内。在此场景下,5 000、10 000 和 30 000 个设备在 10 s 内按照 beta 分布请求随机接入。

按照 3GPP(第三代合作伙伴计划)TS 36.211 标准中 PRACH(物理随机接入信道)资源分布配置,选取 PRACH 配置索引数为 6。低压集抄终端可用于进行随机接入的 preamble(前导序列)个数为 54 个。低压集抄终端发送的 preamble 到达 LTE 基站后,如果发生冲突,LTE 基站则不做任何处理;对于没有发生冲突的 preamble,基站按照 $1 - 1/e^i$ 的概率成功检测 preamble,其中 i 指该低压集抄终端在本次随机接入中第 i 次发送 preamble。低压集抄终端通过 LTE 基站下发的 RAR(随机接入响应)确认是否成功接入网络。在 FDD(频分双工)模式下,每个 RAR 中最多包含 3 个低压集抄终端;在 TDD(时分双工)模式下,每个 RAR 最多包含 6 个低压集抄终端。低压集抄终端将在固定的时间窗口内等待 LTE 基站发送的 RAR,如果在这个时间窗口内没有接收到相应的 RAR,则认为随机接入发生冲突,然后执行退避。退避窗口为 20 个 TTI(传输时间间隔)。当发生随机接入冲突时,并不采用竞争解决的方式解决冲突,而是采用冲突的低压集抄终端都重传 preamble 的方式解决冲突。preamble 的最大重传次数设置为 10 次。

(1) FDD 模式仿真结果

在 LTE FDD 系统环境下,低压集抄终端周期性地(60 s 内均匀分布)汇报业务时,其接入时延的 CDF(累计分布函数)曲线如图 2 所示。由图中可见,当单小区内存在 5 000 或 10 000 个低压集抄终端时,几乎所有的低压集抄终端都能够成功地进行随机接入,并且平均接入时延(50%的低压集抄终端)

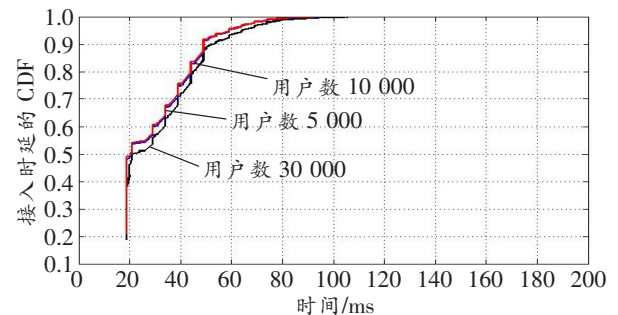


图 2 60 s 均匀分布场景下低压集抄终端接入时延的 CDF 曲线

约为 20 ms。当单小区内存在 30 000 个低压集抄终端的时,如果低压集抄终端应用层应用了随机分布控制,则可以在 30 ms 内完成随机接入。

在 LTE FDD 系统环境下,低压集抄终端供电恢复(10 s 内 beta 分布)时,其接入时延的 CDF 曲线如图 3 所示。从图中可以看出,当单小区内存在 5 000 或 10 000 个低压集抄终端时,几乎所有的低压集抄终端都可以成功地进行随机接入,并且平均接入时延 <40 ms。当单小区内存在 30 000 个低压集抄终端时,即使低压集抄终端的应用层应用了随机分布控制,其平均接入时延仍达到约 70 ms,因此需要采取合适的解决方案以改善此场景下低压集抄终端的接入效率。

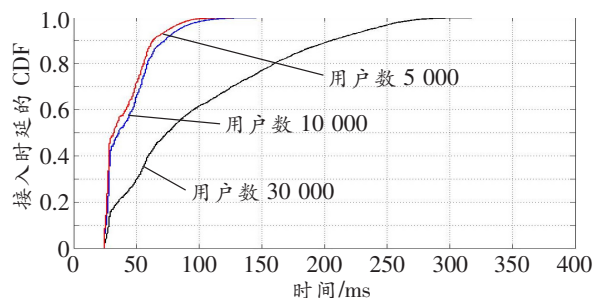


图 3 10 s beta 分布场景下低压集抄终端接入时延的 CDF 曲线

(2) TDD 模式仿真结果

在 LTE TDD 系统环境下,低压集抄终端周期性(60 s 内均匀分布)地汇报业务时,其接入时延的 CDF 曲线如图 4 所示。当单小区内存在 5 000 或 10 000 个低压集抄终端,或者存在 30 000 个应用层应用了随机分布控制的低压集抄终端时,低压集抄终端的平均接入时延(50%的低压集抄终端)约为 30 ms。与 FDD 系统相比,接入时延都有较为明显的增加。这是因为 TDD 模式随机接入资源与 FDD 模式相同,但等待上下行时隙的时延增大了。

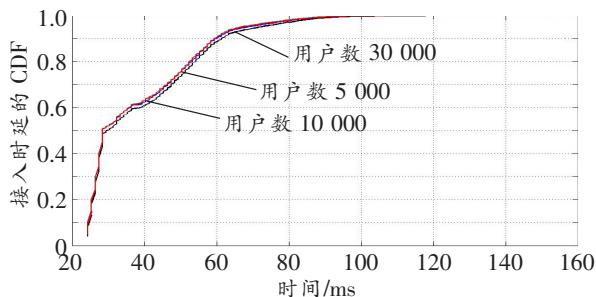


图 4 60 s 均匀分布场景下低压集抄终端接入时延的 CDF 曲线

在 LTE TDD 系统环境下,低压集抄终端供电

恢复(10 s 内 beta 分布)时,其接入时延的 CDF 曲线如图 5 所示。从图中可以看出,接入成功概率进一步下降。当单小区内存在 5 000 或 10 000 个低压集抄终端时,其平均接入时延(50%的低压集抄终端)约为 50 ms。但是,当单小区内存在 30 000 个低压集抄终端时,即使低压集抄终端的应用层应用了随机分布控制,其平均接入时延仍达到约 100 ms。

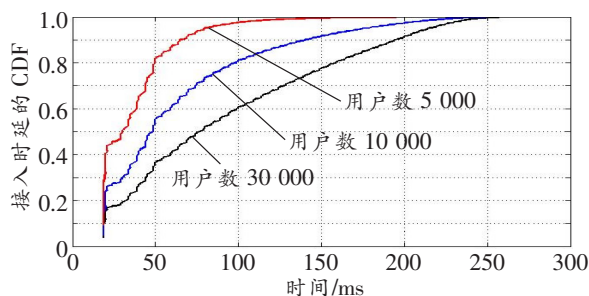


图 5 10 s beta 分布场景下低压集抄终端接入时延的 CDF 曲线

4 结束语

本文通过仿真评估了 4G LTE 系统在 FDD 和 TDD 两种模式下承载 DA 业务的可行性。仿真结果表明, LTE TDD 系统由于等待上下行时隙间隔较长导致接入时延较大; LTE FDD 系统更适合承载低压集抄类业务。但是,无论是 LTE FDD 系统还是 LTE TDD 系统,在无线侧都需要进一步的优化方案,以解决大量低压集抄终端同时接入时产生拥塞的问题,以及由此产生的接入成功概率低、接入时延大的问题。

参考文献:

- [1] 孙毅,龚钢军,许刚. McWill 宽带无线技术在辽宁电力示范网的应用 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38 (20): 201-204.
- [2] Voltage Markushevich N. VAR Control in Automated Distribution Systems [J]. International Symposium on DA/DSM, 1993, (3): 478-485.
- [3] 蔡运清. 北美的配电自动化 [J]. 中国电力, 1998, 31 (8): 58-59.
- [4] 孙晓辉,姜秋海. 对德国配电网的考察 [J]. 供用电, 2006, 23(3): 74-76.
- [5] 蔡桂龙,金小达,关志坚. 配电自动化系统通信方案设置 [J]. 电网技术, 1999, (4): 70-72.
- [6] 田进章. 浅谈配电自动化系统中的通信系统 [J]. 河北电力技术, 2000, (2): 22-25.
- [7] 胡宪泽. 贵阳市北城区配电自动化的通信方案 [J]. 电力系统通信, 2001, 22(11): 7-9.