

# 电力无线网络异频异构混合组网研究

黄俊桦，陈智雨，郑思远，何天琦，闫瑜，蒋慧超

(国家电网有限公司信息通信分公司，北京 100761)

**摘要：**电力物联网的建设对电力无线网络和业务终端通信建设提出了更高要求，亟须增强带宽实现深度全覆盖，满足新兴业务发展需要。基于电力无线网络多种系统的共存现状，从多个角度研究了支持异频异构网络的互联互通方案，并指出了不同方案的优缺点。以 LTE230 系统为例，提出了在电力无线网络中满足深度覆盖要求的异频异构系统混合组网方案。

**关键词：**电力物联网；电力无线网络；混合组网；LTE230

## 1 引言

电力无线网络作为泛在电力物联网的网络层重要组成部分，当前存在的主要问题是覆盖深度不够、带宽不足。国家电网公司泛在电力物联网建设大纲将电力无线网络建设列为基础支撑类的统一组织建设项目，以期重点推进电力无线网络和终端通信建设，增强带宽，实现深度全覆盖，满足新兴业务发展需要。

随着多年来的持续建设，电力无线网络已经形成 230MHz 和 1800MHz 异频并存，LTE1800 及 LTE230 异构混合的现状<sup>[1-3]</sup>，LTE230 又分离出基于 3GPP R8 版本的 LTE-G 和基于 3GPP R13 版本的 IoT-G<sup>[4]</sup>，形成同频异构网络。如何实现这些异频异构网络的混合组网，既是保护已有投资的需要，更是支撑业务的需要。与公网不同，电力无线网络没有形成统一的、标准的互操作规程来支持异频异构网络的互联互通，本文从应用层以及所支持业务的角度研究了异频异构网络间的互联互通方案。

另一方面，为提高电力无线网络的覆盖深度，可在网络建设初期，通过网络规划及工程手段增强覆盖区域；在上述手段无效时，还可通过架设直放站、中继等同构系统满足覆盖要求；最后还可以通过架设异构网络，通过混合组网方式达成目标<sup>[5]</sup>。本文以 LTE230 系统为例，研究了满足相应覆盖需求的电力无线网络异频异构系统混合组网方案。

## 2 电力无线网络异频异构系统互联互通方案

目前公网运营商同时运营 2G、3G、4G 三代网络，

为实现网络间的互联互通，国际标准化组织定义了标准互操作规程，对不同制式、不同频率的网络，以及终端在各网络间的切换行为进行规范，保障运营商在既有网络上的已有投资。LTE 标准在制定过程中对与现有系统间的互操作特性进行了大量研究，制定了完备的互操作规范，这对既有系统的设备提出了大量的升级改造工作要求，也增加了支持多系统的多模终端的成本<sup>[6]</sup>。

电力无线网络目前存在多种异频异构的网络，又缺乏统一的、标准的互操作规程对互联互通进行规范，迫切需要解决多种制式系统的互联互通问题。电力无线网络的网络架构与公网类似，包括核心网、基站及终端等网元<sup>[7]</sup>。异构系统的互联可以从基站、核心网和应用系统 3 个层面考虑。

### (1) 基站层面的互联互通

该方案将多频段、多种接入制式集中于同一无线基站中，优点是所需基站数量少，缺点是基站实现更加复杂，协议设计必须兼容各种制式。由于协议中存在自定义字节，对不同厂商的设备而言，此方案实现互联互通的难度很大。

### (2) 核心网层面的互联互通

该方案中基站单一频段、单一制式，将各种不同频段和制式的基站汇聚到统一的核心网中，优点是基站实现较简单，协议设计较简洁，缺点是核心网设计复杂。如果网络中多个核心网由不同厂商提供，核心网间的互操作协议很难规划统一。

### (3) 应用系统层面的互联互通

如图 1 所示，该方案不需考虑接入层面的互联互通，基站单一频段、单一制式，核心网单一制式，优

基金项目：国家电网有限公司信息通信分公司科技项目（No.52993920002R）

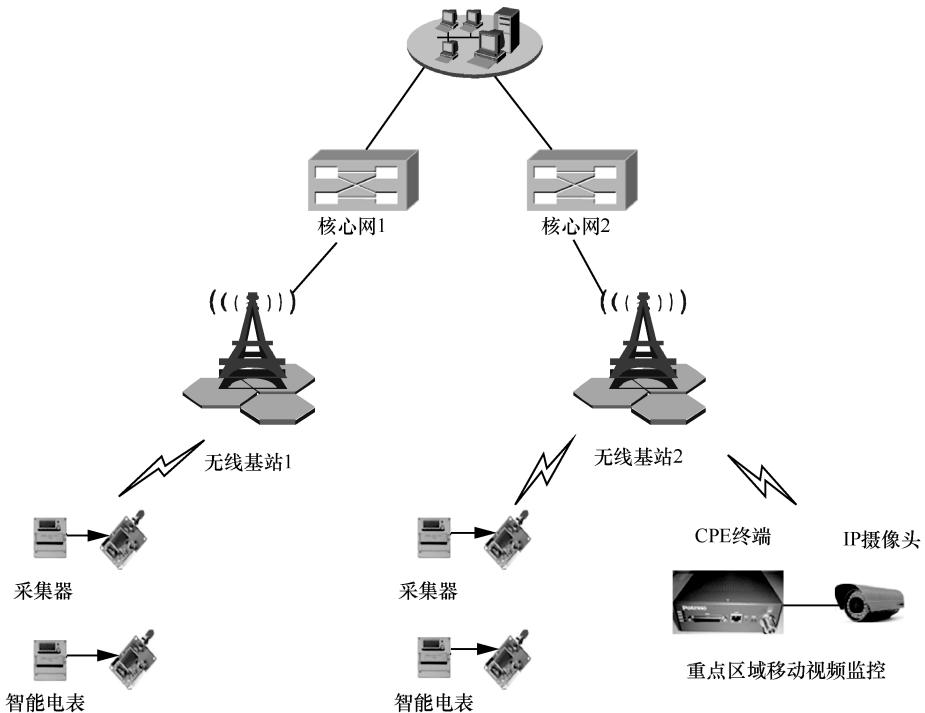


图 1 应用层面互联互通方案

点是基站及核心网设计实现较简单，缺点是基站、核心网数量较多。该方案适用于全 IP 网络。

针对应用层面的核心业务——语音来说，在全 IP 网络架构下，通过 SIP 协议，在核心网上的业务平台架设 SIP 服务器，可以方便地在异构网络中应用 VoIP 语音业务，实现异频异构网络的互联互通。

### 3 LTE230 与异构系统混合组网方案

随着电力物联网建设的逐步深入，电力无线网络的应用场景呈现出更加多元化的需求，在传统的电力用户用电信息采集、配电自动化等需求的基础上，又衍生出精准负荷控制、输电线路在线监测等新的需求，对电力无线网络的覆盖广度、深度，以及接入的便捷性和投入产出都提出了更高要求。限于技术条件和投资，实现电力无线网络的无缝覆盖，既无必要也不可能。因此，为提升电力无线网络的运营性能，有必要研究电力无线网络的延伸技术，通过低成本的方式补强覆盖区域<sup>[8-10]</sup>。本节以电力无线网络 LTE230 为例，重点研究异频异构混合组网方案。

#### 3.1 LTE230 系统介绍

LTE230 系统是基于 4G 移动通信技术的全 IP 数据传输网络，使用国家专门分配给电力系统使用的 230MHz 频段，该频段由 40 个离散的 25kHz 频点组成。

在充分考虑频谱划分和使用特点的基础上，电力行业结合实际业务对物理层协议进行了重新定义研发。LTE230 系统采用蜂窝式网络结构，网络中的网元包括：通信终端、基站、核心网和网管，其系统架构如图 2 所示。LTE230 系统能够灵活地满足应用需求，具有覆盖能力强、设备结构简单、成本低、运维方便、系统安全可靠性高、时延小、响应快等特点<sup>[11]</sup>。

#### 3.2 LTE230 系统组网方法

LTE230 网络中，通常可采用以下几种方法保证终端与基站间的通信。

- (1) 通过网络优化，提高覆盖效果，例如增加基站数量，增大发送功率，改变发射站点位置等。
- (2) 通过增加常规网元设备，例如直放站或者中继设备等。
- (3) 通过异构混合组网，进行覆盖增强，例如通过 ZigBee、蓝牙、RFID、WLAN、PLC、串口线等通信技术进行汇集或者多跳，最终将信息传递到能够与基站直接通信的设备，例如终端或中继设备上，完成网络的覆盖<sup>[12]</sup>。

#### 3.3 同构网元组网方案

LTE230 系统通过增加常规网元设备实现同构网元组网，其中中继设备依然遵循 LTE230 协议规范，能够与基站及终端通信。图 3 展示了 LTE230 同构网

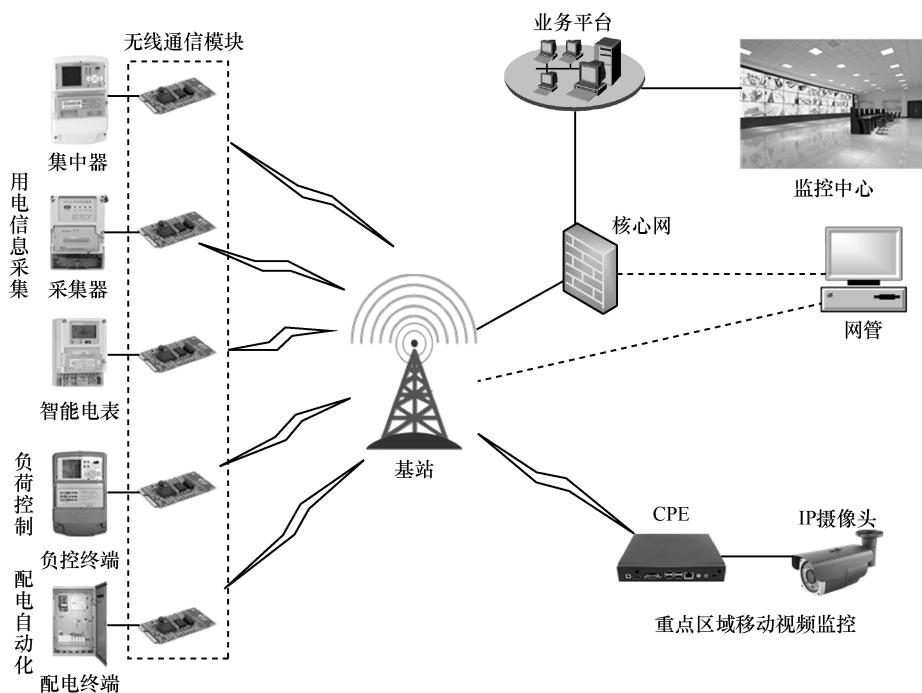


图 2 LTE230 系统架构

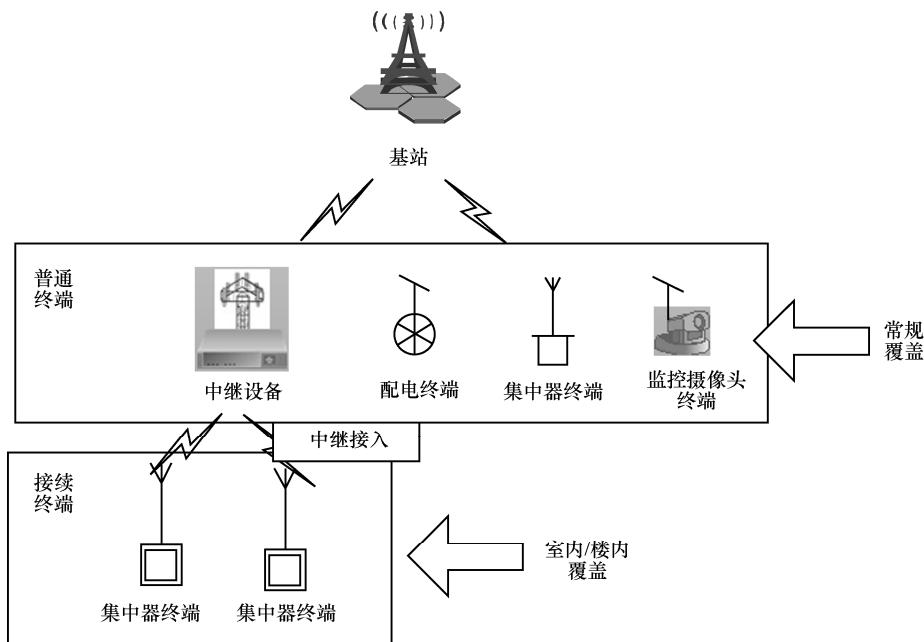


图 3 LTE230 同构网元增强覆盖方案

元的增强覆盖方案。

#### 3.4 异构网元组网方案

LTE230 系统与异构网络的增强覆盖方案如图 4 所示。核心设备为 LTE230 无线桥接器，其对基站而言，相当于一个 CPE（用户端设备），相对于室内终端，则相当于无线 HUB 或者基站。无线桥接设备在

终端侧可以采用 ZigBee、蓝牙、RFID、PLC 或者 Wi-Fi 协议与终端集中器通信。

#### 3.5 异构网络互联互通方案

LTE230 系统采用全 IP 构架，支持与异构网络互联互通，任意网络设备都可以通过 IP 与 LTE230 设备互联互通。图 5 展示了 LTE230 与异构网络基于对等

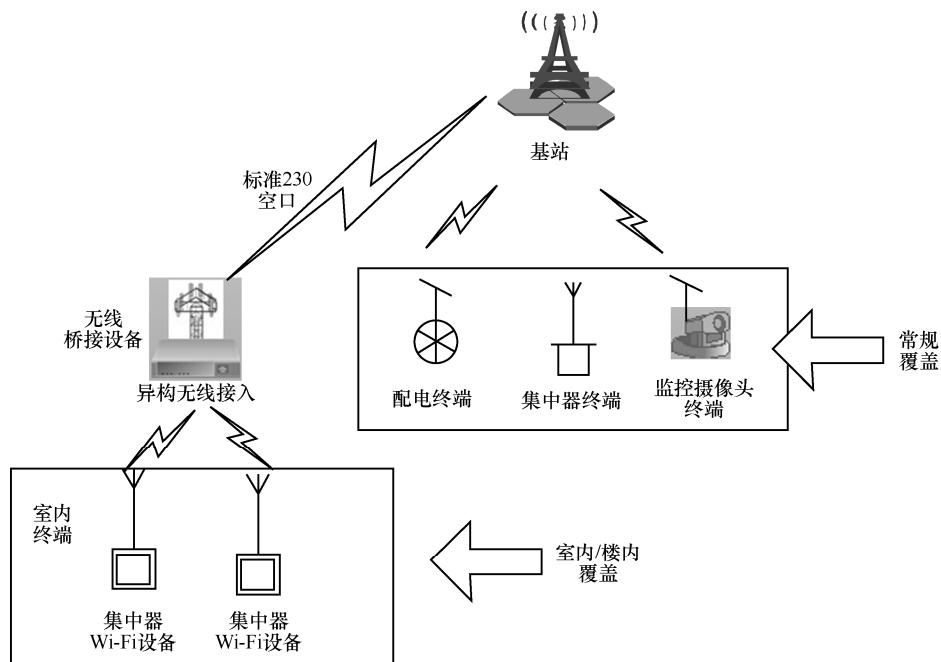


图 4 LTE230 异构网元增强覆盖方案

互联互通的结构。

LTE230 通过设置 SIP 服务器，能够完成语音通信、多媒体视频通信以及各种综合集群业务。在 LTE230 核心网内设置 SIP 服务器，其他异构系统如果与 LTE230 内部进行多媒体通信或语音通信，可以通过 SIP 协议完成互联互通，如图 6 所示。

#### 4 结束语

本文基于电力无线网络的现状，分析了异频异构

网络混合组网模式，从基站、核心网和应用系统 3 个层面提出方案，并分别描述了各种模式的优缺点。同时介绍了 LTE230 系统的组网方法，并在局部增强覆盖的需求下，对 LTE230 系统与异构系统的混合组网方案进行了研究，提出了同构网元与异构网元等不同情况下的组网方案。泛在电力物联网创新应用为电力无线网络建设提出了新的更高要求，通过异频异构混合组网方案实现不同制式系统的互联互通，不仅保护了既有网络投资，也为局部覆盖增强提供了有益的解决方案。

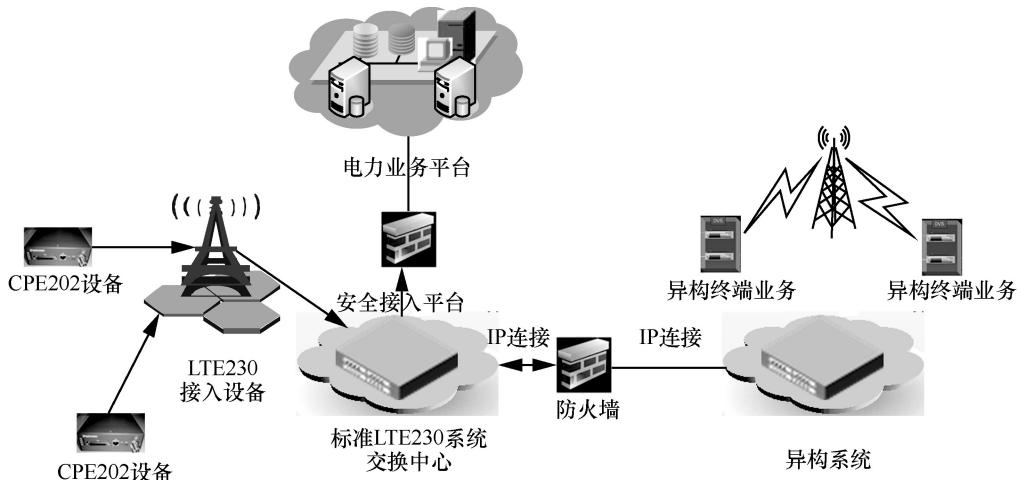


图 5 LTE230 与异构网络基于对等互联互通的结构

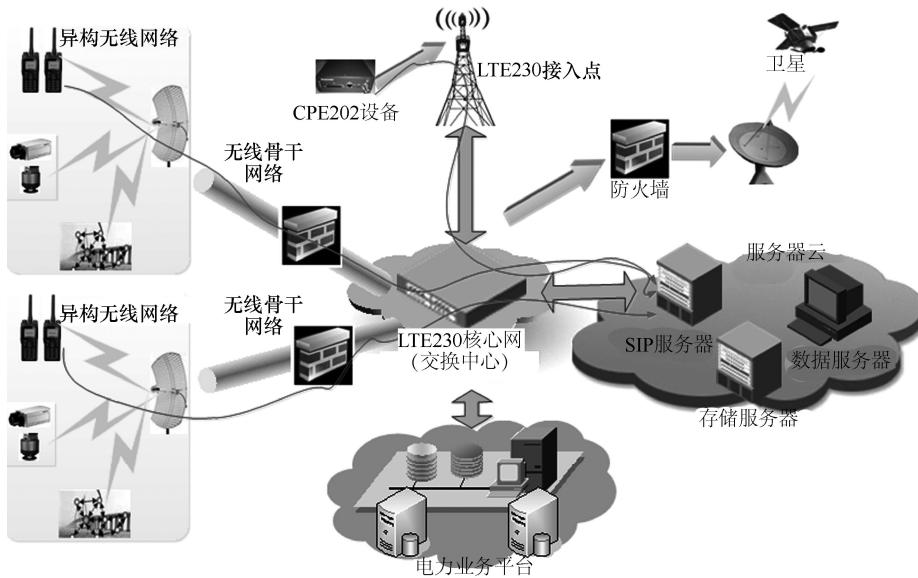


图 6 LTE230 与异构网络语音通信方案

## 参考文献:

- [1] 程仲元, 许苏军, 吴继臣, 等. 230MHz 无线负荷控制信道在配电自动化中的应用[J]. 电网技术, 1999, 23(11): 19-21.
- [2] 郑琰, 焦坡, 张晶莹. 基于无线专网的配变实时监测管理系统[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(16): 96-98.
- [3] 崔玉, 吴奕, 张志, 等. 基于电力无线虚拟专网的继电保护智能移动运维系统设计及实现[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(23): 175-181.
- [4] 曹津平, 刘建明, 李祥珍. 基于 230MHz 电力专用频谱的载波聚合技术[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(12): 63-68.
- [5] 曹津平, 刘建明, 李祥珍. 面向智能配用电网络的电力无线专网技术方案[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(11): 76-80, 133.
- [6] 邵炜平, 陆阳, 李建岐, 等. 面向电力业务接入的跨频段融合与宽窄一体无线专网[J]. 电信科学, 2018, 34(8): 167-176.
- [7] 伍晓平, 任浪, 肖振峰, 等. 电力无线专网混合组网的测试与实现[J]. 电气应用, 2018, 37(23): 12-16.
- [8] 卓灵, 聂静, 肖静薇, 等. 电力无线通信异构多网共存环境中的网络选择算法[J]. 计算机工程与科学, 2016, 38(1): 78-83.
- [9] 姚继明, 韦磊, 郭经红. 基于资源分区的电力无线专网架构设计研究[J]. 全球能源互联网, 2018, 1(5): 589-593.
- [10] 梁东, 覃朝云, 杨静, 等. 面向配电自动化业务的无线专网准静态资源调配技术研究[J]. 电器与能效管理技术, 2018(7): 50-55.
- [11] 原义栋, 赵东艳, 吴广宇. 基于 230MHz 电力无线专网的频谱共享关键技术研究[J]. 电子技术应用, 2015, 41(8): 79-82.
- [12] 刘锐, 于佳, 赵高峰, 等. 低自干扰的电力无线专网高可靠性规划方法[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(17): 162-167.

## [作者简介]

陈智雨 (1987—), 男, 国家电网有限公司信息通信分公司高级工程师, 主要研究方向为电力信息与通信技术。