

电力无线局域网的设计应用研究

王晓东

(中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司, 吉林 长春 130021)

摘要: 无线局域网具有可扩展性、可移动性、灵活性以及经济性等明显特征, 可解决电力系统部分应用场景中传统光缆敷设困难、无法实现有线覆盖的问题。电力系统应用无线局域网, 可有效补充并扩展电力系统接入通信网的覆盖, 推进电力系统业务的发展。将无线局域网作为主要研究对象, 重点阐述了其在电力系统规划设计的详细方法和具体策略, 为电力系统无线局域网的规划设计提供指导和参考。

关键词: 无线局域网; 无线接入网; 支撑系统; 网络安全

0 引言

传统的电力通信网络多采用有线方式。目前, 电力系统 35 kV 以上的主网通信网已具备完善的全光骨干网络和可靠高效数据网络, 光纤资源已基本实现 35 kV 及以上厂站、自有物业办公场所/营业所全覆盖。

然而有线通信方式需要大量部署线缆, 施工工作量大、工作难度高。光纤通信虽然能够提供高速、高质量的数据通信服务, 然而需要敷设大量的光缆, 并配备大量的配套设施, 无法在电力系统接入通信网中实现全覆盖。

目前, 无线局域网在公网已经有了广泛的应用, 但由于电力系统有自身的使用特点和业务需求, 无线局域网在电力系统中的应用尚处于探索阶段。南方电网目前正在开展基于无线局域网鉴别和保密基础结构(WAPI)机制的无线局域网建设, 国家电网也提出到“十四五”末, 构建全方位覆盖、全效能运行的无线网络覆盖体系。

1 电力系统业务应用需求

1.1 应用场景

根据电力业务生产消费环节维度, 电力系统可划分为发电、输电、变电、配电、用电和综合应用环节, 经过对各环节业务应用的网络承载需求进行分析, 对各环节以下主要应用场景进行分析, 电力系统无线局域网主要应用场景见表 1。

表 1 电力系统无线局域网主要应用场景

序号	环节	应用场景
1	发电	微能源网综合应用场景
		智慧电厂生产系统
		智慧电厂管理系统
		智慧电厂时空定位系统
2	输电	输电线路状态在线监测及视频监控
		隧道状态在线监测
3	变电	隧道机器人巡检
		精准负荷控制
		变电设备在线监测
		动环及视频监控
		智能作业机器人
		智能巡检机器人
4	配电	无人机巡检
		安全工具管理及可穿戴运维
		配电所综合监测
		开闭所环境监测
		用电信息采集
5	用电	分布式储能
		高级计量
		电动汽车充电站/桩
		智慧能源园区
		智慧工地
6	综合	智能仓储管理
		智能营业厅
		智能办公
		电力应急通信
		移动作业

1.2 适用性分析

针对上述每一种应用场景进行适用性分析，都要研究其每一个子场景的业务特征、带宽要求、时延要求、通信可靠性等指标要求，逐一与无线局域网的传输和承载性能进行对比，从而进行覆盖分析、安全性分析和经济性分析，得出无线局域网在每个子场景下是否适用以及适用范围的结论。

以输电和变电环节为例，经对比分析，电力系统部分应用场景无线局域网适用性分析结果见表 2。

1.3 需求分析

利用无线局域网承载电力系统业务，还应对电力无线局域网进行需求预测。

1.3.1 业务需求分析

对电力无线局域网的需求分析，可根据电力系统相关业务信息采集与控制的技术规定进行，包括业务功能、业务类型、业务流向、性能指标、业务工作环境等内容。

1.3.2 业务性能指标

电力无线局域网的业务性能指标主要包括数据采集周期、带宽要求、时延要求、可靠性要求、安全性要求、抗电磁干扰等性能要求。

1.3.3 业务容量需求

在对电力无线局域网进行业务容量估算时，应适度预留未来业务发展，业务容量冗余系数可设置为20%~30%。

1.3.4 业务 QoS 需求

根据不同的业务特性，电力无线局域网通过划分优先级和相应资源调度策略保证相应业务服务质量(QoS)需求。优先级资源调度策略作为不同业务QoS保证的基本策略，是满足大部分业务QoS需求的基本保障。

2 电力无线局域网网络部署

2.1 网络拓扑

根据《无线局域网工程设计标准 GB/T 51419—2020》中关于网络设计的基本规定，同时结合电力系统的业务需求和运维管理等特点，电力无线局域网的网络拓扑亦可划分为接入网和支撑系统。电力无线局域网组网架构如图 1 所示。

其中，无线接入网提供终端接入、设备信息采集和业务管理控制功能。支撑系统提供认证、网管等功能，可由鉴别服务器和网管服务器等组成。

本文的无线局域网部署主要以电网公司业务需求

表 2 电力系统部分应用场景无线局域网适用性分析结果

环节	应用场景	子场景	适用性建议	原因分析
输电	无人机巡检	无人机巡检	不适用	覆盖性分析不满足需求
	输电线路状态在线监测及视频监控	输电线路状态监测	现场通信适用	覆盖性分析：数据回传不适用于无线局域网，现场通信适用于无线局域网
	隧道状态在线监测	视频监控	现场通信适用	
		隧道环境状态监测	现场通信适用	
	隧道机器人巡检	机器人巡检	现场通信适用	
	精准负荷控制	精准负荷控制	低压用户侧精准负荷控制业务不适用，电网侧精准现场通信适用	安全性分析：精准负荷控制为生产大区业务，与管理大区业务需要物理隔离 经济性分析：单独部署，经济性较差
变电	变电设备在线监测	变电设备状态监测	现场通信适用	
	动环及视频监控	视频监控	现场通信适用	
		动环监控	现场通信适用	
	智能巡检机器人	机器人巡检	现场通信适用	
	无人机巡检	无人机巡检	现场通信适用	
	安全工器具管理及可穿戴运维	时空定位	现场通信适用	
		视频接入	现场通信适用	
	电能质量监测	电能质量监测	不适用	电能质量监测终端与主站距离较远，覆盖性分析不满足需求

(主要为变电应用场景)和运行方式为基础, 网络承载采用综合数据网或其他电力专网。

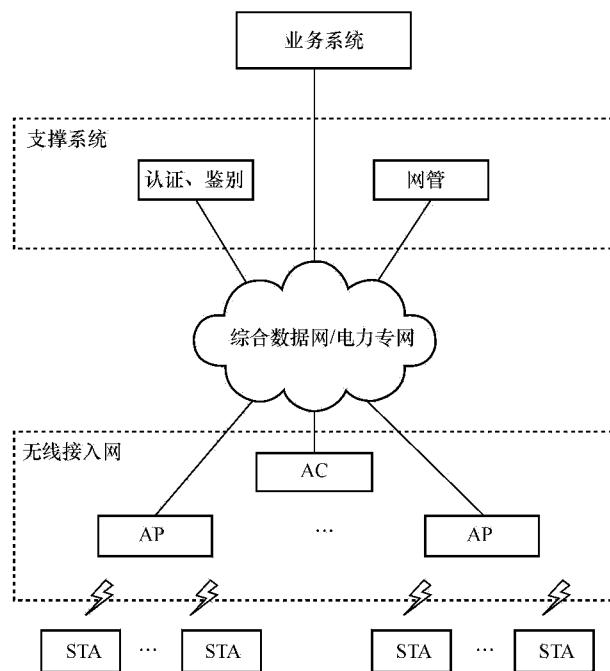


图 1 电力无线局域网组网架构

2.2 无线接入网

无线接入网可采用自治式和集中式两种组网方式, 自治式组网由胖接入节点 (AP) 组成, 集中式组网由瘦 AP 和接入控制器 (AC) 组成。AP 间的拓扑关系可以相互独立, 也可组成 mesh 网络 (网格网) 无线接入网。

2.2.1 自治式组网

胖 AP 一般应用于小型无线网络建设, 可独立工

作, 不需要 AC 的配合, 胖 AP 不可集中管理, 需要逐个配置 AP。

胖 AP 组网无法实现无线漫游, 站点 (STA) 从一个胖 AP 的覆盖区域移动到另一个胖 AP 的覆盖区域, 会重新进行认证, 重新获取 IP 地址, 可能存在断网现象。胖 AP 无法自动进行负载均衡, 在同一个胖 AP 上连接有大量 STA 时, 可能会因为某个胖 AP 负荷较大频繁出现网络故障。

2.2.2 集中式组网

“AC+瘦 AP”架构一般用于大型无线网络组网, 可实现集中管控, AC 集中对 AP 进行参数配置、licence 管理、升级和备份。

“AC+瘦 AP”架构组网中, STA 从瘦 AP 的覆盖区域移动到另一个瘦 AP 的覆盖区域, 信号会自动切换, 且无须重新进行认证, 无须重新获取 IP 地址。当多个 STA 连接在同一个瘦 AP 上时, AC 会根据负载均衡算法, 自动将用户分配到负载较轻的其他 AP 上, 降低了 AP 的故障率, 提高了网络的可靠性。

2.2.3 AC 部署

由于电力系统业务对网络承载可靠性要求极高, 在电力系统部署无线局域网宜采用“AC+瘦 AP”。而 AC 设备在电力系统部署可考虑以下两种方式。AC 部署方式如图 2 所示。

- 分散式部署: 地市公司各自部署 AC, 管理本地区变电站 AP。
- 集中式部署: 省公司集中部署 AC, 管理全网或全省所有变电站 AP。

分散式部署地市公司负责全部的网络建设、运维

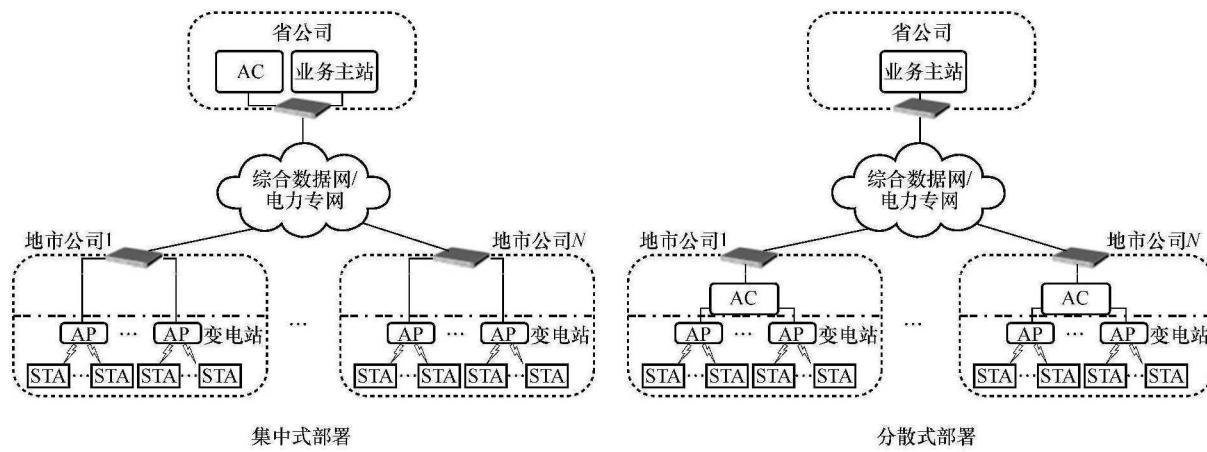


图 2 AC 部署方式

和业务接入工作，管理简单，责任清晰；集中式部署省公司负责 AC 侧的配置管理和运行监视，地市公司负责变电站 AP 运维和业务接入，需要两级单位配合，优势是物资集约，经济性较高。根据实际需求，两种方式部署均可采用 AC 单设备配置或 1+1 配置。

2.3 支撑系统

支撑系统提供认证、网管等功能，可由鉴别服务器和网管服务器等组成。

2.3.1 认证

无线局域网宜建设鉴别系统，可采用动态主机配置协议（DHCP）+Web、基于 WAPI 的三元身份认证等认证方式。同一 AP，不同服务集标识（SSID）的用户应进行独立身份验证，无线局域网应为无线局域网接入用户提供可识别标识，与其他接入方式的用户进行区分。室内款 AP，如支持扩展物联网接口，认证方式应满足电力系统业务安全要求。目前，南方电网已明确采用 WAPI 认证方式。

证书鉴别服务器的部署可采用省公司集中部署或省公司+地市公司两级部署两种部署方式。其中，省公司+地市公司两级部署方式，省公司 AS 按需签发具备省内漫游功能的 WAPI 证书，地市公司 AS 签发本地 WAPI 证书，不可跨地区漫游接入。此外，可采用证书签发（CIS）、鉴别（AS）分离的方式，省公司仅部署 CIS，地市公司部署 AS。AS 部署方式如图 3 所示。

2.3.2 网管

无线局域网宜建设集中式的综合网管系统，采用标准的网络管理接口，支持简单网络管理协议

（SNMP）、Telemetry 协议，支持上级网管系统通过对应的协议接入综合网管，支持不同品牌无线设备的管理。网管系统应实现无线接入设备、无线控制器以及热点接入交换机的统一管理，具备数据采集、性能管理、故障管理、配置管理、安全管理、拓扑管理的功能，宜具备业务统计分析的功能。网管系统宜具备 AP 设备空口无线安全事件监测、安全告警事件监测、日志分析与审计、流量监控等安全监控功能。

网管系统的部署可采用地市公司分别部署的方式以及省公司集中部署+地市反拉客户端的方式。网管系统部署方式如图 4 所示。

3 网络安全要求

电力系统无线局域网应部署安全策略及安全措施，可采用动态黑名单、安全加密、防火墙、网络监测等安全措施，配置分级权限，违反安全策略的访问被限制，网络运行中及时关闭高危端口，启用安全防护策略。

电力系统无线网络承载业务应符合电力监控系统分区分级要求，不同安全分区业务应接入不同无线 AP，无线 AP 应接入不同交换机或交换机分区虚拟局域网（VLAN），跨区接入应配置防火墙、隔离装置等设备，在域边界处采用双向访问控制。公共区域的无线局域网用户之间应进行逻辑隔离。无线网络应接入安全接入网关、安全隔离装置方可接入电网系统信息内网。

南方电网公司无线局域网的建设基于 WAPI 机制，采用三元认证的安全认证方式。而国家电网公司

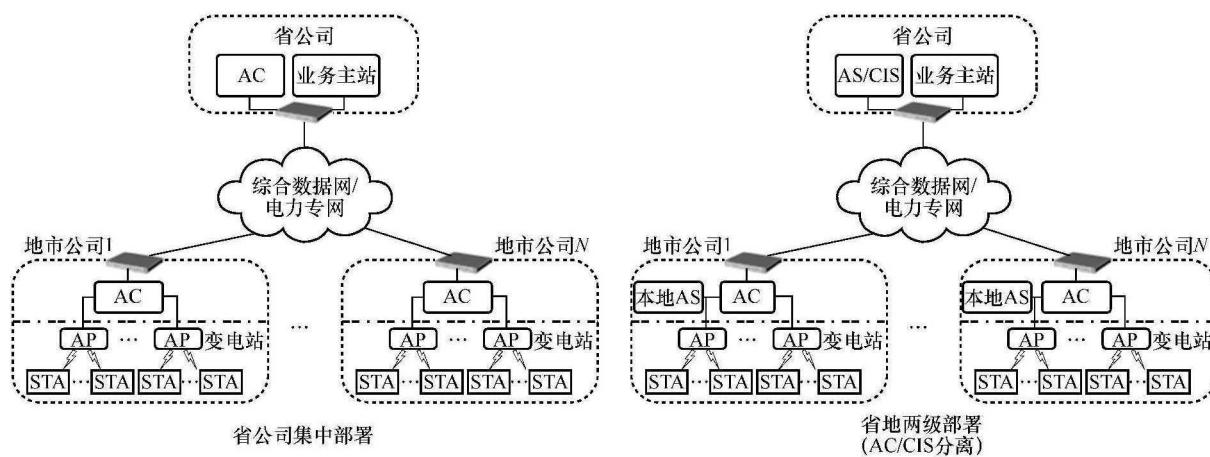


图 3 AS 部署方式

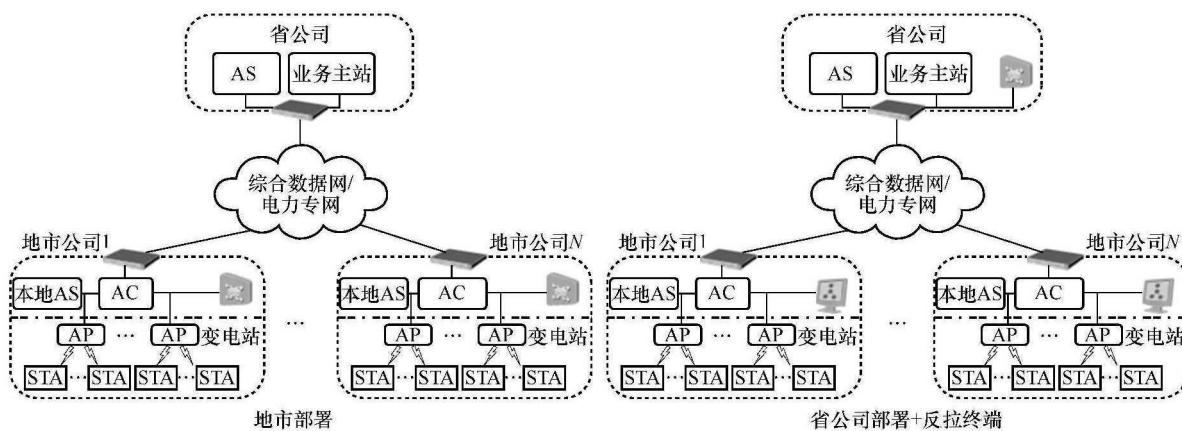


图 4 网管系统部署方式

提出业务终端通过无线网络（除 WAPI 网络外）接入安全IV区主站业务时应配置安全接入网关（高端型）和信息安全隔离装置（网闸型）。

4 结束语

本文通过对电力系统发电、输电、变电、配电、用电和综合应用环节多个应用场景进行无线局域网的适用性分析，明确无线局域网在电力系统各个应用场景下的适用范围。针对电网公司，提出了无线接入网集中式部署和分散式部署的两种部署方式，认证系统省公司集中部署和省公司+地市公司两级部署的两种部署方式，网管系统地市公司分别部署和省公司集中部署+地市反拉客户端两种部署方式。

此外，对电力系统无线局域网提出了相应的安全策略及安全措施。

参考文献：

- [1] 无线局域网工程设计标准: GB/T 51419-2020[S]. 2020.
- [2] 鲍宇. 无线局域网的规划设计与运维管理策略[J]. 通信电源技术, 2021, 38(2): 174-176.
- [3] 罗袁君, 伍诗雨, 刘俊, 等. 基于 Wi-Fi 的专用无线局域网应用研究[J]. 微处理机, 2015, 36(6): 29-32.
- [4] 韩颖静, 邓国强. 一种基于 Wi-Fi/WAPI 的无线局域网可信接入方案[J]. 信息技术, 2018, 42(4): 50-52, 57.

[作者简介]

王晓东（1984—），男，中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司高级工程师，主要研究方向为电力系统通信。