

[物联网]

物联网技术在智能电力通信系统设计中的应用

文/立若旺姆 李振超 李铭 耿杰
国网西藏电力有限公司营销服务中心

提出一种基于物联网技术的智能电力通信系统设计方法，该系统由数据采集、数据传输以及数据处理与分析三个功能模块构成，可在各功能模块支持下，实现复杂的电网数据实时、精准、高效采集、传输以及处理与分析，对电网运行状态实时监控，确保潜在异常情况发现和处置及时性。通过合理部署与实际运用，为促进电力系统智能化升级提供有力支撑。

智能电网建设逐渐成为电力行业发展的主流趋势，智能电力通信系统则在智能电网建设中发挥着关键性作用。物联网技术具有集成性特点，将其在智能电力通信系统设计中合理应用，不仅可以解决传统电力通信系统的各种问题，如不支持数据大规模处理、数据传输延迟高等，又能实现电网运行状态实时监控以及潜在故障预测和防范。可见，物联网技术与智能电力通信系统相结合，对全面推进智

能电网建设具有重要意义。

基于物联网技术的电力通信系统设计思路

满足高效采集、传输、处理以及分析与电力系统相关数据的需求，是物联网技术在智能电力通信系统设计中应用的主要目的，为智能电网运维管理以及稳定运行提供强有力技术支撑。基于物联网技术的电力通信系统设计思路如图1所示。

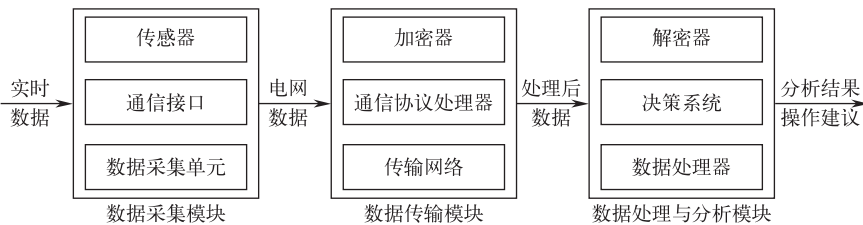


图1 基于物联网技术的智能电力通信系统框架

(1) 数据采集模块

将传感器网络在电力系统各关键节点合理分布并利用，负责实时采集电力系统数据；同时以无线或有线通信技术为依托，向数据传输模块传输从各关键节点所采集的数据。

(2) 数据传输模块

数据传输是该系统的核心，通过该模块将接收

的数据向数据以及分析模块高效传输；为保证数据传输过程安全性，以及避免出现数据不完整等问题，需要在该模块中引入符合要求的通信协议以及加密技术，提升数据传输过程安全水平。

(3) 数据处理及分析模块

该模块是电力通信系统实现智能化的关键，其功能是高效处理与综合分析所接收到的各类数据；

同时采用机器学习、大数据分析等先进数据处理算法，以满足实时监测与精准分析电网状态的需求，同时可以依据分析结果为电网运行优化决策提供合理建议，实现电网高效稳定运行。

以物联网技术为依托，围绕数据采集、数据传输、数据处理与分析三方面设计智能电力通信系统，实现实时监控电力网络，并做到各类电网事件及异常情况发现与响应及时性，在提升电网运行可靠性的同时，又能满足电网高效率运行需要。此外，由于采取了模块化设计方式，可以支持系统中各模块的独立升级，实现系统后期使用可扩展，提升电力通信系统智能化、现代化水平，为推进智能电网全面建设提供强有力技术支撑。

物联网技术的具体应用

1. 智能电力通信系统中各模块设计要点

(1) 数据采集模块设计

1) 数据采集模块设计是初期构建基于物联网技术的智能电力通信系统时需要给予重视的环节，该模块设计合理性，直接关系着电力系统关键数据监测与采集效果。主要由传感器、通信接口和数据采集单元（数据整合）组成该模块，使其具备对电力系统关键数据进行实时监测与采集的功能。

2) 通过传感器对电力系统的各类数据进行采集，实现对电网的物理参数、电气参数实时监测。如电压与电流的实时测量值为

$$\begin{aligned} V(t) &= V_m \sin(2\pi ft + \varphi_V) \\ I(t) &= I_m \sin(2\pi ft + \varphi_I) \end{aligned}$$

式中， V 为电压； V_m 为电压最大值； φ_V 为电压相位角； I 为电流； I_m 为电流最大值； φ_I 为电流相位角； f 为频率； $V(t)$ 、 $I(t)$ 为电流与电压的实时测量值。

3) 待数据采集结束后，需要将该部分数据放置在数据采集单元进行整合处理；例如，可以整合电网的运行参数，对电压以及电流在特定时间内的平均值与最大值进行计算，公式为

$$\begin{aligned} V_{\text{avg}} &= \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt \\ I_{\text{max}} &= \max_{t \in [0, T]} I(t) \end{aligned}$$

式中， V_{avg} 为电压的平均值； I_{max} 为电流的最大值； T 为采集周期。

4) 借助通信接口将经过整合处理后的数据向传

输模块发送；该过程中所要发送的数据转化为符合要求的传输格式（数据帧），可通过公式表达为

$$D_{\text{packed}} = f(D_{\text{sensor}})$$

式中， D_{packed} 为数据打包格式； f 为数据打包（或格式化）对应函数； D_{sensor} 为通过传感器采集的原始数据。

采取上述数据模块设计方式，不仅可以实现精准采集与整合处理电力系统的关键数据，又能为后续数据安全高效传输与深入分析提供便利。

(2) 数据传输模块设计

1) 数据传输作为该系统的核心模块，发挥着极为重要的作用，主要负责将所采集的电力系统关键数据处理及分析模块安全、高效传输，为确保数据传输过程安全性和完整性，需要合理引入通信协议、数据加密等技术手段。

2) 可以运用加密算法，加密处理需要进行传输的数据，满足数据安全、完整地传输需求。可通过公式表示为

$$D_{\text{encrypted}} = \sum_{i=1}^n E_k(D_i)$$

式中， $D_{\text{encrypted}}$ 为经过加密处理的数据； n 为数据块的总数量； k 为密钥； E_k 为以密钥方式进行加密处理的函数； D_i 为所采集原始数据的第 i 个数据块。

3) 利用所选择的通信协议进一步处理加密后的数据，以增强数据传输对网络环境的适应性，实现数据安全、可靠及高效传输。

4) 通过专用网络对加密处理后的数据进行传输，为保证数据传输效率和稳定性，需要保证网络中通道容量、信号功率以及带宽等满足数据快速传输要求。

采取上述数据传输模块设计方式，有利于更好地保障数据传输过程的安全性和完整性，并结合具体需要，选择合适的加密技术以及通信协议，再科学制定网络传输方案，实现各类数据能够在智能电力通信系统中安全、高效流通。

(3) 数据处理及分析模块设计

1) 数据处理及分析模块的核心功能是对经过加密处理后的数据进行解密，并在此基础上展开进一步处理和分析，为电网运行优化策略制定以及相关决策提供科学依据。其中解密算法、数据处理及数据分析的相关技术是实现数据处理及分析模块功能的关键要素。

2) 该模块将加密后的数据进行接收后, 即可执行解密程序, 操作过程公式表示为

$$D_{\text{decrypted}} = \sum_{i=1}^n D_k^{-1}(D_{\text{encrypted}})$$

式中, $D_{\text{decrypted}}$ 为经过解密处理后的数据; n 为数据块的总量; D_k^{-1} 为通过密钥进行解密处理的函数; $D_{\text{encrypted}}$ 为加密数据中的第 k 个数据块。

3) 待数据解密环节结束后, 需要对该部分数据再次进行处理, 主要涉及数据清洗、归一化以及特征提取等流程, 可通过公式对解密后的数据处理过程进行表示

$$D_{\text{cleanced}} = f_{\text{clean}}(D_{\text{decrypted}})$$

$$D_{\text{normalized}} = \frac{D_{\text{cleanced}} - \mu}{\sigma}$$

式中, D_{cleanced} 为数据清洗; f_{clean} 为数据清洗操作时对应的函数; $D_{\text{normalized}}$ 为数据归一化; μ 、 σ 为经过数据清洗与归一化处理后的均值以及标准差。同时运用线性回归方法分析上述处理后的数据, 可通过公式表示为

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \epsilon$$

式中, y 为预测目标的变量, 可以根据该变量获取最终预测的值; β_0 、 β_1 、 β_2 , ..., β_n 均为模型函数; x_1 、 x_2 , ..., x_n 均为特征变量(主要表示将影响因素从以掌握的电网数据中精准提取); ϵ 为误差项, 模型中所存在的变异情况。

4) 线性回归分析数据, 主要通过搭建的线形回归模型进行训练, 以控制预测误差, 以及获得所需模型参数, 该部分模型参数可作为预测与分析新数据时的参考依据, 为实时监控电力系统运行状态以及做出相应决策提供合理建议。例如, 在数据处理集分析模块中分析特定条件下电力系统中的关键数据, 在此基础上借助线性回归模型, 预测可能会发生电网负荷以及故障问题的几率, 并为提出和制定针对性预防措施提供可靠依据, 实现提前规避潜在风险, 切实保障电网运行稳定与安全。

采取上述数据处理及分析模块设计方式, 能够实现电网数据中关键信息高效、精准提取, 为优化电力系统运维提供科学决策支持, 从整体上提高系统的智能化水平。

2. 智能电力系统设计可行性测试

为确定以物联网技术为依托的智能电力系统设计

方法的可行性, 围绕数据采集准确性、数据传输过程安全性和效率、数据处理与分析的精准度以及响应时间等方面开展系统测试, 进一步验证该系统中各模块的功能效果, 见表1。

表1 可行性测试结果统计

系统中的各模块	数据采集	数据传输	数据处理及分析
测试内容	数据准确性	数据传输过程安全性	数据分析精准度
	响应时间	数据传输效率	数据处理响应时间
测试指标测试结果	测量误差率 1.2%	加密强度 256位	准确率 98%
	平均响应时间 35 ms	数据丢包率 0.3%	平均响应时间 120 ms

从基于物联网技术的智能电力系统设计可行性测试结果来看, 该系统中的各模块功能可以充分满足电力系统的智能化发展要求, 在物联网技术支持下, 能够保证该系统在数据采集、数据传输以及数据处理与分析方面有出色表现, 并对不同场景均保持较强的适应性。该系统中的数据采集模块, 可以利用传感器网络实现高效、精准数据采集。数据传输模块则是以加密技术、通信协议等先进技术手段为依托, 大幅度提升数据传输过程的安全性和完整性, 有效降低数据丢包率。数据处理及分析模块则是对加密后的数据进行深度处理和分析, 尤其是针对复杂程度较高的电网数据处理和分析, 该模块表现出较强的数据处理和分析能力, 能为电网运维优化以及做出科学决策提供可靠依据。

由此可见, 基于物联网技术的智能电力系统部署与实际应用, 有利于促进电力系统智能化发展。

结束语

综上所述, 社会与经济迅速发展, 对电能的需求呈日益增长趋势, 促使电网建设规模不断扩大, 并对电网能效与运行可靠性提出更高要求。本文提出一种基于物联网技术的智能电力通信系统设计方法, 通过该系统对电网中的关键数据进行高效、安全、准确采集、传输以及处理与分析, 实现对电力系统运行状态实时监控, 为其运维管理优化以及预测潜在故障发生几率提供有力技术支持, 进一步提升电力系统智能化水平。EA

(收稿日期: 2024-09-14)