



泛在电力物联网感知关键技术研究



2019年11月









工业互联网的发展

全面感知、人工智能、边缘计算等新技术与物联网(IoT)的结合,促进以工业互联网的发展,实现制造业升级成为各国的发展战略。2019年工信部印发《工业互联网网络建设及推广指南》,明确提出以构筑支撑工业全要素、全产业链、全价值链互联互通的网络基础设施为目标,着力打造工业互联网标杆网络、创新网络应用,规范发展秩序,加快培育新技术、新产品、新模式、新业态。工业互联网解决工业、能源、交通等行业的各类问题、提升效率及促进企业变革转型。

我国工业互联网相关政策

2019年工信 部《工业互 联网网络建 《工工业互联 设及推广指 网网发展**行**行 南》

见》

2016年国务院 **网**网发展**行**行《关于深化 行动计划 "互联网+先 (2018—2020)进制造业"发 展工业互联网 的指导意见》

各国先进制造产业政策



日本机器人新战略计划(2015)



美国工业互联网及先进制造(2014)



德国工业4.0计划(2013)

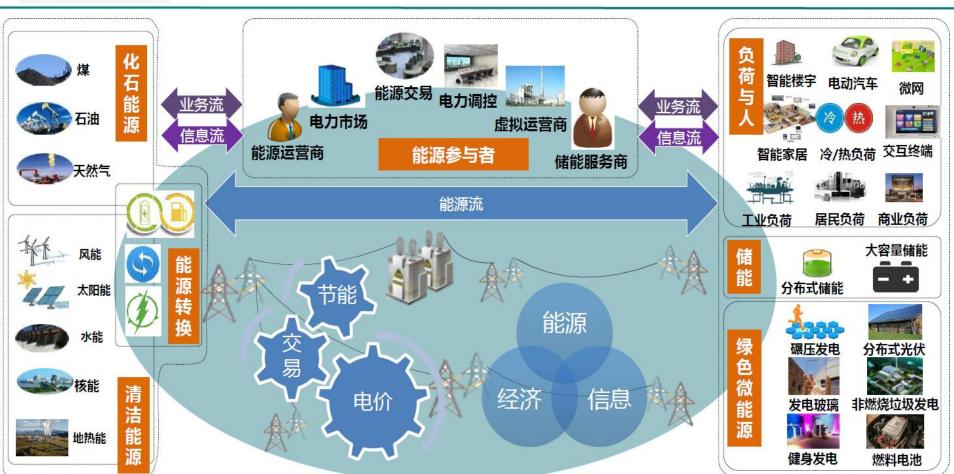


欧盟物联网行动计划(2009)





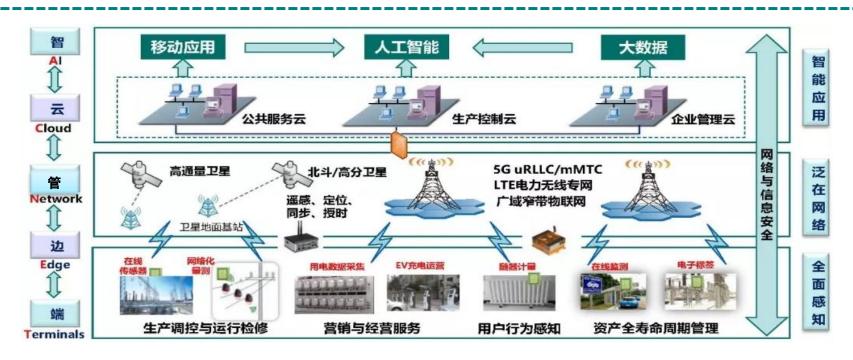
打造互利共赢的能源互联网生态产业链





泛在电力物联网的架构

- ✓ 泛在电力物联网"云、管、边、端"的整体架构
- ✓ 实现"全面感知、泛在连接、智能应用",借助大数据、人工智能等扩展应用





电网中传感感知技术的应用现状

- ✓ 在电力生产的发、输、变、配、用各环节,涉及电力自动化、输变电运检、配网自动化、 营销、安监各环节。
- ✓ 传统的电压、电流、功率、电量传感感知普遍应用,其他非电量的感知也有一定的应用。













发电

- 发电机电压
- 发电机电流
- 发电机功率
- 光功率预测
- 风机振动
-

输电

- 导线测温
- 敷冰
- 杆塔倾斜
- 舞动
- 视频
- 微气象

变电

- 变电保护
- 变电测量
- PMU
- 变压器油色 谱
- GIS局放

配电

- FTU
- DTU
- TTU
- 故障指示
- 电缆测温
-

用电

- 电量计量
- 充电桩计费
-

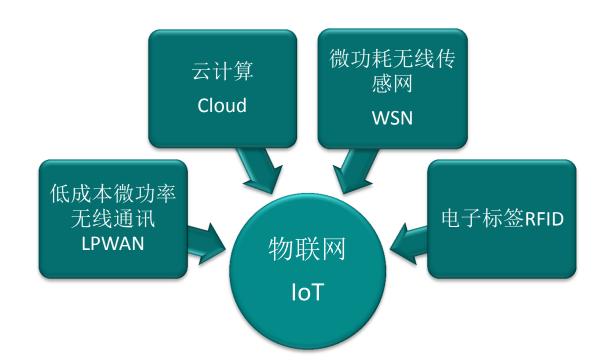
其他

- 视频安防
- 安全生产监 控



电力物联网泛在感知的技术基础

- ✓ 低成本微功率无线通讯为泛在的感知提供了基础。
- ✓ 微机电技术MEMS传感器及微功耗传感技术为传感器长期可靠工作提供了基础。







变电运维

变电设备状态智能感知 运行环境的状态感知 变电站机器人巡检 变电站视频立体安全防护



输电运维

输电线路、电缆状态智能感知 山火、敷冰等自然灾害全景感知 高压电缆隧道智能监测 空天地多维融合及协同自主巡检

配电管理

配电台区、站房智能感知 台区低压拓扑自动识别 配电设备状态智能感知 电力资产管理 安全工器具智能化管控

用电

用户用电行为的感知 电动汽车有序充电感知 智慧家庭用能服务 社区多能服务 商业楼宇、工业园区用能服务



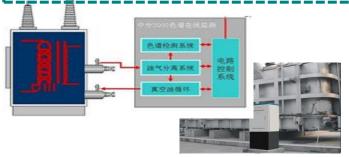




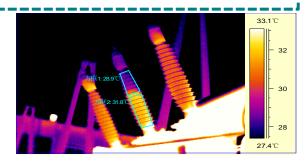


变电设备的状态感知

- 变电主设备的油色谱在线监测、GIS特高频、高频脉冲电流、超声局放在线监测、红外热像 测温、SF6密度在线监测、铁芯电流等都有一定的应用。
- 变压器振动指纹检测、绕组变形在线监测、光纤超声局放、机器人巡检视觉识别等技术在 进一步的研究应用。







红外热像测温

变压器油色谱在线监测



SF6密度在线监测

变压器超声波局放监测

巡检机器人视觉感知



输电线路的状态感知

- ✓ 输电线路视频、微气象、测温增容、线路敷冰、导线舞动、弧垂、绝缘子污秽杆塔倾斜、 防山火、防盗等在线监测技术有一定的应用。
- ✔ 电缆线路分布式光纤测温有一定的应用。

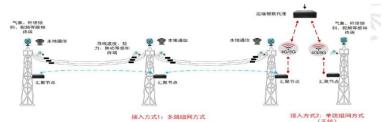






输电线路视频、微气象在线监测



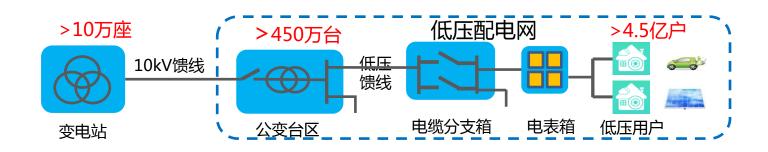


输电线路在线监测的通讯方案



配电物联网D-IoT建设需求

- ✓ 配用电低压设备量大、面广,设备造价低,现有配电自动化在通信传输和主站信息处理等方面均无法承载低压配电网物联泛在感知的需求;
- ✓ 低压配电网故障数量占配电网故障总量90%以上,无法满足故障快速处理要求;
- ✓ 设备总量持续增加, 传统低压配电设备运维方式无法支撑现代化配电网管理要求;





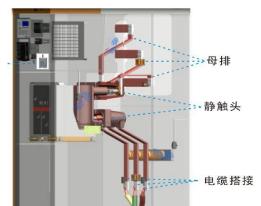
配电物联网关键技术





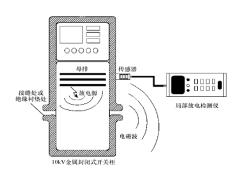
配电的状态感知

- ✓ 开关柜测温、电缆测温、TEV地电波检测、超声波局放检测等有一定应用。
- ✔ 配网带电作业的安全管控。





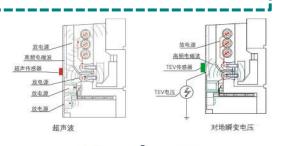
开关柜测温







TEV地电波检测及干扰的消除







配网带电作业的安全管控4



配电设备的其他感知

✓ 配电设备的运行环境的感知,包括环境温湿度及凝露的感知、水浸的感知、门禁安防的感知、烟雾、噪声、温度-电流的复合感知。对异常工况进行感知,降低电缆沟积水受潮而引起绝缘性能降低的隐患或站(房)受水淹的风险,预防外力破坏。







超声波液位传感器



噪声传感器

烟雾传感器



电力箱变智能锁





1. 精益化运维

- 优化运行
- 资产管理
- 故障抢修

2. 智能化管控

- 设备状态评估预测
- 风险预警
- 发展规划

3. 网络化协同

- 主站与终端深
- 通信与计算深
- 跨领域深度协

配电物联网



4. 定制化应用

- 需求响应
- 第三方应用开发
- 服务快速部署

5. 服务化延伸

- 平台延伸服务
- 数字信息延伸服务
- 应用延伸服务

6. 综合能源管理

- 小型储能管理
- 电动汽车充电桩管理
- 分布式电源管理











智能感知关键的技术

智能感知层包括智能传感、智能终端、无线传感网等技术,重点突破先进传感、轻量化边缘计算、可信安全连接和自取能等核心关键技术,开发新型智能终端,解决准确性、可靠性、

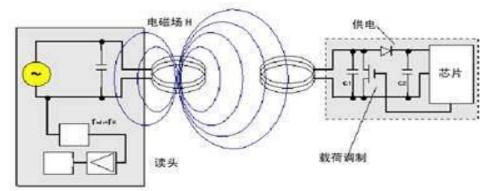
寿命的应用的难题。实现低成本、广覆盖的配电物联感知。

智能终端 技术 智能传感 可信安全 自取能 技术 连接 先进传感技 术



传感技术-射频标签传感器

- ✓ 利用RFID进行无线供能和短距离无线通讯,设计成的电子标签类低功耗、无源无线传感器,典型的如温度标签,可用于开关柜的测温。
- ✓ 目前市场上已经有成熟的产品,价格较低。该类传感器适合用于对高电位部位的温度、压力、振动等数据的采集,实现测量点与读写器直接的绝缘隔离



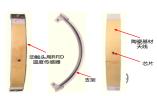
在标准协议上实现传感器技术的突破







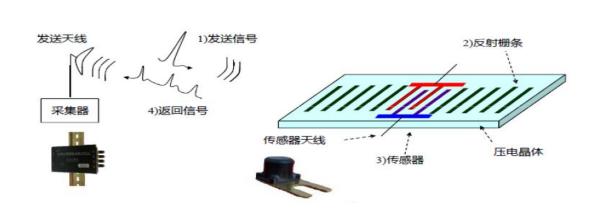


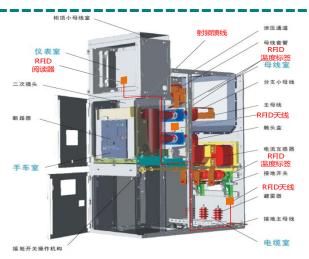




传感技术- SAW声表面波类传感器

- ✓ SAW声表面波器件是无源器件。当外界因数(如压力、温度、加速度、气体、化学和生物环境变化等)对 声表面波传播特性产生影响时,在声表面波器件的各项参数上就可以反映出来,因此可以利用这种现象 制备各种压力、温度、加速度、流量、化学、生物传感器,用于测量和监控各种化学和物理参数。
- ✓ 典型的如声表面波温度传感器,用于开关柜的温度测量。也有应用的线路振动传感器。该类型传感器的优点是无源化,工作温度高,适用于高压侧及恶劣的工作环境。缺点是检测的是传输的是无线模拟信号的频率、容易受到于扰、需要解决多传感器间串扰的问题。

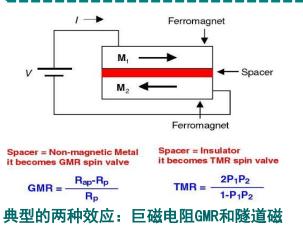




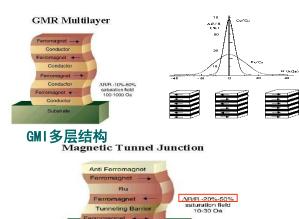


传感技术-巨磁阻抗GMI与磁隧道电阻TMR电流传感器

- ✓ 利用GMI 巨磁阻抗效应或TMR磁隧道效应,实现对电流的非接触测量,可以实现比常规测量微型化、灵敏度高、高速响应、温度稳定性、低功耗的物联网应用,在智能电表、智能开关、智能插座等智能设备中有广泛的应用。
- ✓ 美国Allegro 公司推出首款完全集成,基于巨磁阻(GMR)技术的电流传感器芯片ACS70331; 美国Crocus Technology公司推出基于TMR的电流传感器,替代传统的测量方法,可用于智能电表、智能终端、智能家电等设备中。



电阻TMR



TMR多层结构

ACS70331电流传感器IC采用巨磁阻技术,其灵敏度可以达到传统霍尔效应传感器IC的25倍,具有更小的体积,1mA的分辨率。带宽为1MHz。





智能插座

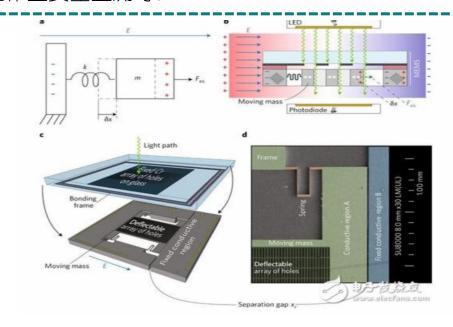


传感技术-微型化MEMS光学悬臂梁电场传感器

✓ 对电压的非接触测量,在电力物联网中有着广泛的应用前景。来自维也纳技术大学的研究团队突破当前其它测量设备所采用的设计原理,开发了一款硅基MEMS电场测量传感器。可用于电压非接触测量、电力人员带电作业安全监测等。

当置于电场 (E) 中时,静电感应会在质量 块上产生一个作用力 (F es)。质量块在 这个作用力下会产生一定的位移 (δ x), 再利用光学原理对位移进行测量;

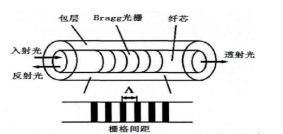






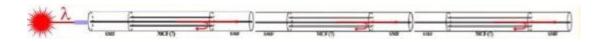
传感技术-光纤传感器

- 该类传感器原理较多,分为强度调制光纤传感器、相位调制光纤传感器、频率调制光纤传感器、偏振态 调制光纤传感器和波长调制光纤传感器,可用于分布式温度监测、压力、振动、液位甚至电压、电流的测量, 也有利用带悬臂梁谐振腔的光纤振动传感器,用于高压设备内部局部放电超声信号测量的。
- 该类传感器的优点是感知端无源,适应于恶劣的工作环境和高电压绝缘的环境。缺点是价格较高,后端 的光学检测系统复杂,较难实现低功耗的测量。



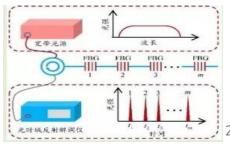


光纤光栅温度传感器



分布式光纤温度传感器

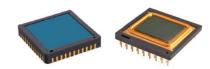




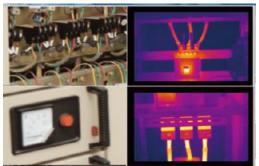


传感技术-低成本非制冷红外焦平面成像测温

- ✓ 利用红外热像技术,对高压设备进行非接触式的带电测温,取得了比较好的成效。但是由于红外热像仪价格高,其应用主要在人工巡检中进行应用。
- ✓ 随着低成本非制冷红外焦平面成像模组的推出,在汽车电子领域,可以用于汽车辅助驾驶,汽车空调智能调节与人员探测。在智能家居中,可用于空调测温,夜间家庭监控。在消费电子领域,可以作为手机配件,甚至集成在手机中。目前几千元的价格可以应用于开关柜内部的红外测温,已经有公司开发相关的产品。



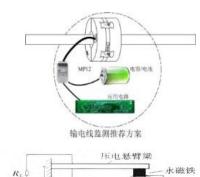






自取能技术-电流感应取能

- ✓ 已经在输电线路杆塔安装的如视频在线监测、污秽在线监测、杆塔倾斜在线监测等设备中。 大量应用。缺点是体积较大,易受环境温度、阴雨、积尘与沙尘暴等天气影响。微型太阳 能电池可以提供500mW至数瓦的电力。
- ✓ 环形CT、电磁压电复合式微型发电器,将高压输电线路电流的电磁能量获取转换为电能电 装置,











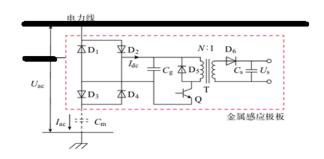
电流感应取能



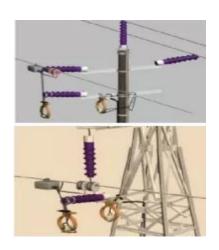
自取能技术-电场感应取能

- ✓ 电场感应取能是利用空间电场电位差来采集电能,可以不受电流大小影响,高压设备一旦运就能感应 取电,提供给传感器电能。
- ✓ 该取能方式的缺点是取能功率较小,只能支持近距离无线传输的低功耗传感器间歇工作,例如某产品采用1000uF电容储能的情况下,可以支持MSP430低功耗MCU及传感器工作8秒钟。

高电位的耦合取能能提供100mW的电力



电场感应取能

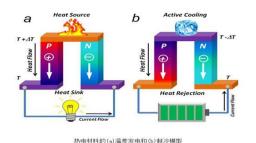


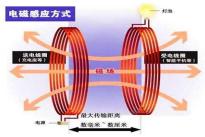
高电位耦合取能



自取能技术-温差取能与无线供能

- ✓ 常用的方法是利用锑化铋N型半导体和P型半导体串联的塞贝克热电效应,将环境中的热能转换成电能。使用温度范围宽、寿命长,但也存在着产生的电压低、转换效率低(一般不超过4%)、响应时间长等缺点
- ✓ 德国科学家最近发明了一种利用人体温差产生电能的新型电池,只要在人体皮肤与衣服等之间有5℃的温差,就可以利用这种电池为一块普通的腕表提供足够的能量。
- ✓ 无线能量传输技术分为两种类别:非辐射与辐射。非辐射技术在线圈之间以电感耦合,能量通过磁场传送。应用例子有电动牙刷充电、RFID及智能卡、心律调节器、电动车充电器、JR磁浮的车上供电。







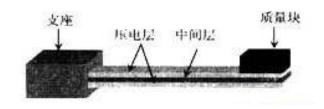
塞贝克热电效应

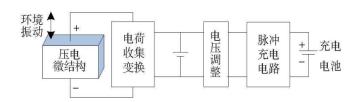
电磁感应无线供能



自取能技术-振动能量的收集

- ✓ 环境振动是普遍存在的,收集振动的能量可产生电能供传感器工作。根据其工作原理,微型振动式发电机主要分为电磁式、压电式和静电式。
- ✓ 据报道国外1cm大小的微弹簧法电磁振动发电器,它在 60-100Hz 振动频率、大约2004m振幅的振动下, 产生1mW的电量。
- ✓ MEMS悬臂梁压电式微机械振动发电器,在共振频率为18Hz时可产生3.8mW的功率;

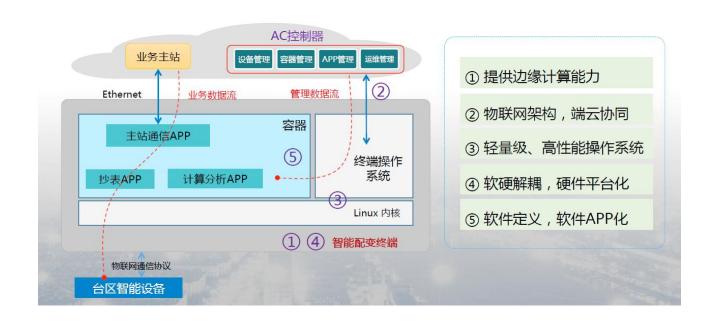




悬臂梁压电式微型振动发电机



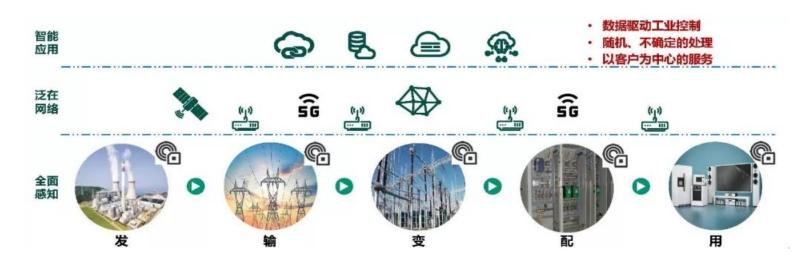
"硬件平台化、软件APP化"为技术路线,基于通用硬件资源平台,通过APP以软件定义方式实现业务功能。







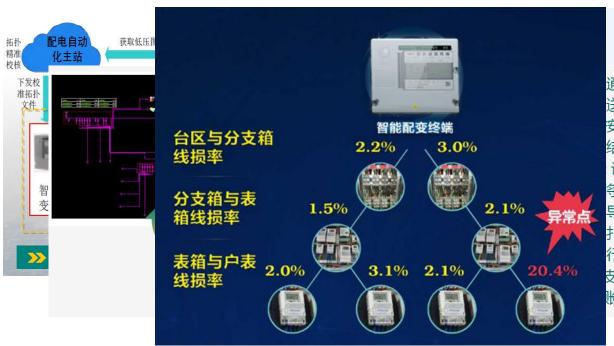
- ✓ 数据产生价值,实现连接能源生产、传输与消费,对随机性和不确定性实现精准 预测,以客户精准需求预测为中心实现个性化服务;
- ✔ 由电力服务商向综合数据生产、服务商的转变;





知的价值实现-精细化配用电管理

- ✓ 低压拓扑自动识别建立线-变-户之间的拓扑关系,及时发现供电异常,提高服务响应速度;
- ✓ 台区线损实时监测, 异常位置精准定位, 精细化线损准确分析与管理。

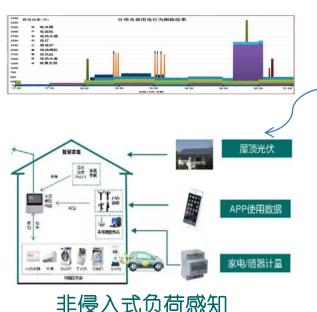


通过智能配变终 送的低压拓扑表 安台区-分线-表箱 结构解析并统制 设备数。 图 导入的数据与的 外文件解析的 大对比校验, 大对比校验, 发撑PMS2.0 的低 账数据修正工作。



知的价值实现-综合用能的感知

通过对家庭用户、工商业用户及园区的电动汽车智能有序充电、非侵入式负荷感知、水电 气热用能的感知, 提出优化用能的分析报告, 为综合能源服务、负荷聚合商参与需求侧向 应提供支持。产生的用能数据可为政府决策、银行信贷、行业营销等提供分析价值。



非侵入式负荷感知



电动汽车智能有序充电



用能的感知



知的价值实现-大数据及人工智能的应用

- ✔ 借助人工智能在图像识别,提升判断的准确性与运维的效率;
- ✓ 基于数据驱动的传感器状态辨识方法,面对大量传感器代替人工对监测数据及装置的有效性评估;











02 输变配及配电物联网的感知



03 智能感知关键技术



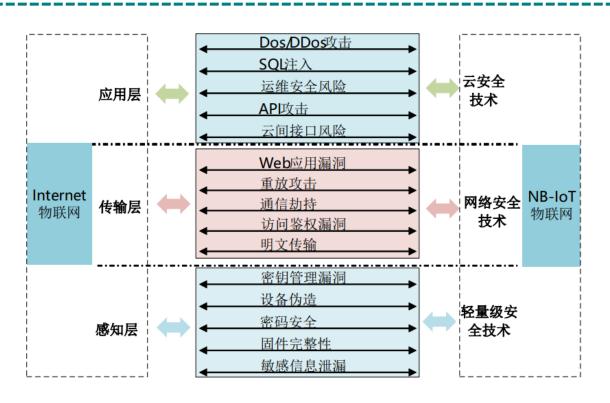
04 感知层的信息安全





物联网无线通讯的信息安全

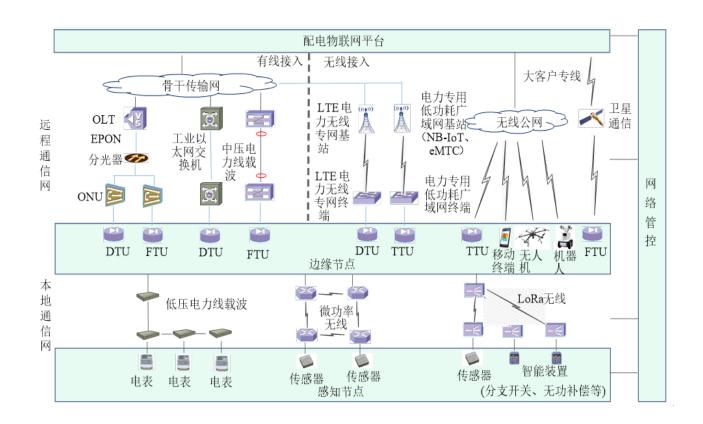
- ✔ 物联网随着无线通讯的广泛应用, 信息安全比较突出
- ✓ 国内外发生过多起物联网设备遭受攻击的案例





配电物联网通讯架构

✔ 建立在能源互联网基础上的泛在电力物联网,构成了两网融合的信息架构。





感知层面对的信息安全的问题

- ✓ LPWAN物联网的安全问题和传统物联网的安全问题并不完全相同。
- ✓ 传统物联网的终端设备搭载的系统一般具有较强的运算能力、使用复杂的网络传输协议和较为严密的安全加固方案、功耗大、需要经常充电,
- ✓ 低功耗物联网设备具有低功耗、长时间无需充电、低运算能力的特点,这也意味着同类的安全问题更容易对其造成威胁,简单的资源消耗就可能造成拒绝服务状态。

存储有限

供电有限

轻量级密码算 法

密钥管理的挑 战

终端身份认证 及监管



物联网中常见的攻击手段

攻击者隐藏在感知网络通信范围内,使用专用设备收集来自感知设备的信息

• 使用窃听到的信息, 仿制具有相同信号的 传感器节点,并使用 伪造的传感器节点设 备在系统网络中使用 •用特定装置截获合法数据,然后使用非法设备把该数据加入重发,使非法设备合法化,或者诱导其他设备进行特定数据传输,获取敏感数据

•注入大量的伪造数据包, 占用数据带宽,淹没真 实数据,浪费网络中感 知设备有限的数据能力, 从而使真正的数据得不 到服务

仿冒



篡改



重放



拒绝服务 攻击



•使用特殊设备分析系统 网络中的通信数据流, 对信息收集节点进行攻 击,使节点瘫痪,从而 导致网络局部或者整个 网络瘫痪

数据流分 析攻击



•传感器设备大多部署在无 人值守环境,并且为适应 低成本需要,这些感知设 备的外部机壳材料等都没 有太高的防护性,容易受 到拆卸、损坏等物理方面 的攻击

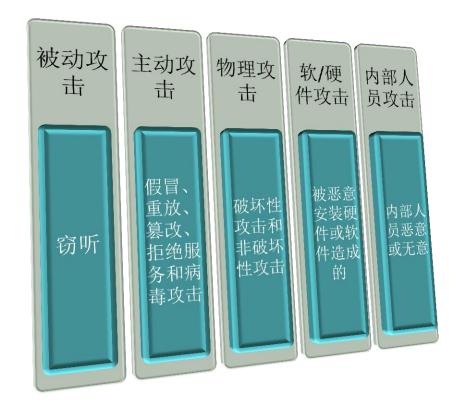
物理攻击







RFID系统的攻击



RFID安全防护

基于物理方法的硬件安全机制

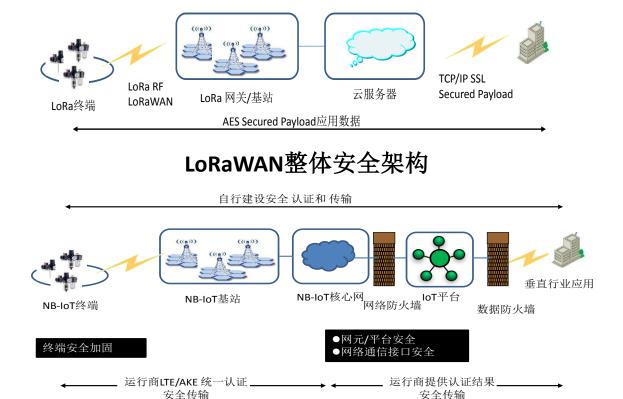
- 静电屏蔽
- kill命令机制
- 有源干扰法
- 标签阻塞法
- 物理层抵御RFID芯片攻击

基于密码技术的软件安全机制

- Hash-Lock协议
- 随机Hash-Lock协议



LPWAN物联网整体安全防护

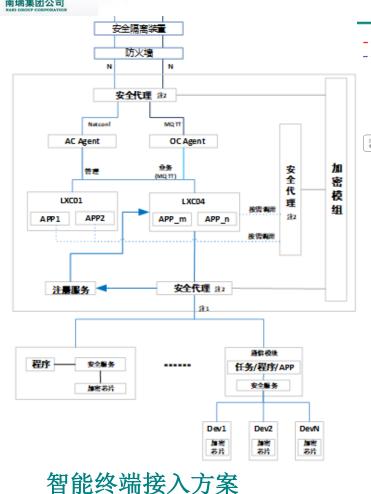


NB-IoT整体安全架构

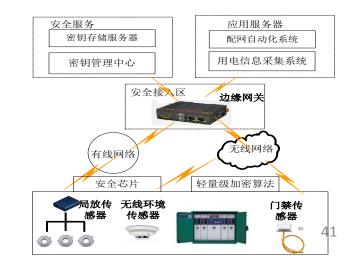


讷

配电感知层的安全技术方案



软硬件加密、双向认证、动态密钥技术





汇报完毕!

鞠登峰 高级工程师 13910212521 judengfeng@sgepri.sgcc.com.cn

南瑞研究院 北京研发中心 北京 上地软件园29号

