

# 过程控制中的无线通信技术

冯冬芹



浙江大学工业控制技术国家重点实验室

浙江中控技术有限公司

IEC/SC65C.MT9、JWG10、WG11、WG12；ISA/SP100

www.supcon.com

1. 无处不在的无线通信
2. 过程控制中无线应用要求
3. 过程控制中应用的无线技术
4. 工业无线通信展望

1. 无处不在的无线通信
2. 过程控制中无线应用要求
3. 过程控制中应用的无线技术
4. 工业无线通信展望

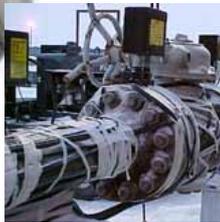
- 非接触传输
  - 对于恶劣环境或振动、高速旋转对象的监控
- 降低安装成本、持续降低运行维护成本
- 更换方便，便于升级
- 减少接插件故障，移动自由且不受限制，投运快速
- 无线的工业应用当前出现的新动态是使用高速、无须申请频率许可证、低价的技术



➤ 传输**监测**数据



污水成分



石油管线



天然气管线

- 低数据长度
- 慢速响应时间
- 高可靠性
- 中远距离

➤ 工业无线应用领域

➤ 传输**控制**数据



- 低数据长度
- 快速响应时间
- 高可靠性
- 短距离

工业无线应用领域

运动设备通信



- 高安装费用
- 不易布线
- 高维护成本
- 临时作业区



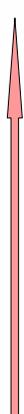


|           | GPRS/GSM<br>/CDMA | Wi-Fi™<br>802.11b | Bluetooth™<br>802.15.1 | ZigBee™<br>802.15.4 |
|-----------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| 应用重点      | 广阔范围<br>声音 & 数据   | Web, Email,<br>图像 | 电缆替代品                  | 监测 & 控制             |
| 系统资源      | 16MB+             | 1MB+              | 250KB+                 | 4KB - 32KB          |
| 电池寿命(天)   | 1至 7              | 0.5 至 5           | 1 至 7                  | 100 至<br>1,000+     |
| 网络大小      | 1                 | 32                | 7                      | 255 / 65,000        |
| 带宽 (KB/s) | 64 - 128+         | 11,000+           | 720                    | 20 - 250            |
| 传输距离(米)   | 1,000+            | 1 - 100           | 1 - 10+                | 1 - 100+            |
| 成功尺度      | 覆盖面大, 质量          | 速度, 灵活性           | 价格便宜, 方便               | 可靠, 低功耗,<br>价格便宜    |

- 2004年由美国能源部发起，GE、Honeywell、RAE等70多家大公司参与成立了无线工业控制网络联盟（WINA）
- 2004年美国工业技术计划“传感器和自动化”方向上设立了4个重点项目，分别推进基于工业无线技术的低成本测控系统在电解铝、采矿、化工、玻璃、钢铁等行业的应用
- 美国仪器仪表协会（ISA）发起制定工业无线技术标准SP100，全球数百家大公司和科研机构参与其中
- 欧洲制定了未来10年内无线技术在工业控制和自动化领域的发展应用计划——RUNES计划。
- 中国，“十一五规划”

- **传感技术**
  - 微型、低功耗、高性能、高可靠；涉及物理、化学、生物、材料、微系统技术、纳米技术、信息获取等；
- **无线通信技术**
  - 微型、高效率、低功耗、抗干扰强；涉及通信、微电子等；
- **网络技术**
  - 高效通信协议、体系结构、分布算法、数据融合、模式识别；涉及计算机、软件、人工智能
- **能源技术**
  - 微型、高效、持久微能源；涉及材料、化工、微机械等；

1. 无处不在的无线通信
- 2. 过程控制中无线应用要求**
3. 过程控制中应用的无线技术
4. 工业无线通信展望

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>安全<br/>控<br/>制</b>                           | 0类：紧急动作（恒为关键）                                    | 信息<br>时<br>间<br>性<br>的<br>重<br>要<br>程<br>度<br> |
|   | 1类：闭环调节控制（通常为关键）                                 |   |
|   | 2类：闭环监督控制（经常为非关键）                                |   |
|   | 3类：开环控制（由人工控制）                                   |   |
| 注：批量控制的3级（“单元”）和4级（“过程小单元”）由其功能决定可能是1类、2类，甚至为0类 |  |   |
| <b>监测<br/>监<br/>控</b>                           | 4类：标记产生短期操作结果（例如：基于事件的维护）                        |   |
|   | 5类：记录和下载/上载不产生直接的操作结果（例如：历史数据采集、事件顺序记录SOE、预防性维护） |   |

➤ 不产生直接操作结果的数据和消息

- 如，历史数据的采集
- 为预防性维护而必须进行的周期性采集的数据
- 无时间性要求的事件顺序记录数据上传
  - 类似于文件传递，不能因通信类型而发生数据丢失，但又非像控制信号那样必须考虑时间性
- 其它的上装和下载

➤ 只在短时间内产生操作结果的数据和消息

- 例如基于事件的维护而必须采集的数据
- 为测试需要而发往现场的限界动作所产生的临时而短暂的结果
- 无线设备上的电压低限报告事件
- 等等

- 开环控制是指在回路中还有人在起着作用
  - 例如操作人员手动启动一个信号装置且注视着这个装置
  - 远程指导开启一个安全门
  - 操作人员执行手动调节泵/阀门等

- 闭环监督控制，通常并非关键部位
  - 如不频繁的串级控制
  - 多变量控制、优化控制所形成的设定值等。

➤ 闭环调节控制

- 一般均为关键回路
- 如现场执行器的直接控制
- 频繁的串级控制等

➤ 恒为关键的紧急行动

- 包括安全联锁
- 紧急停车
- 自动消防控制等

- 高可靠性
- 实时
- 安全
- 兼容和共存
- 节能

- 在工厂复杂的RF环境下，可靠传输率 > 95%
- 能在恶劣的工业环境下(EMI、多径、衰变等)正常工作
- 能与现场中同时存在WiFi、RFID、对讲机、手机、寻呼机、无线远程控制和其他无线数据网络共存
- 有抗拒数据传输阻塞的能力
- 单点故障不致对整个网络产生影响

- 数据传输延迟时间少
- 严格的延迟要求
  - 用于现场设备要求延迟不大于10ms
  - 用于运动控制不大于1ms
  - 对于周期性的控制通信，使延迟时间的波动减至最小也是很重要的指标
- 确定性性能的保证
  - 保证确定性是对任务执行有严苛保证的工业通信系统必备的特性
  - 即使设备处于漫游状态也有此要求，否则会丧失实时性能

- 无线网络对故意攻击或人为差错有安全防护
  - 设备均提供识别码、通信关系授权、自动密钥管理
  - 对可能发生的攻击进行推断、记录和报告
- 通过对消息的检查防止恶意攻击或消息发送系统出错
  - 由要求消息的源节点进行检查
  - 原封不动和不加修改
  - 在QoS等级内按数据包的顺序传送，对同一数据包不重发
  - 根据应用的需要设定传送的及时性
- 防止窃听保护通信
  - 对所传送的消息作适当的保密处理，使窃听到的好像是随机数据

- 立即(如紧急消息,高中断级报警)
- 按预定时间传送(如周期性闭环控制模块)
- 等待一定时间可得到(如监控数据,低中断级报警)
- 高吞吐量数据(如历史数据上传、组态数据库下载、代码下载)

- 与工厂原由的有线控制网络互联和互操作
- 与工厂原有的无线网络共存于同一空间
- 在所覆盖的区域内容许多个网络同时存在
- 具有可预测的性能

- 无线设备的自主运行寿命应达到3 — 5年
- 仪表安装成本
- 维护成本
- 应用成本

- 工作环境温度由-40°C—+70°C
- 高湿度（当温度为40°C湿度 95%时不结露）
- 本质安全防爆要求
- 固定设备和移动设备对无线传输路径的影响
  - 衰变、中断和发生各种各样的缺陷，诸如频散、多径时延、干扰、与频率有关的衰减，节点休眠、节点隐蔽和与安全有关的问题，等

- 1.无处不在的无线通信
- 2.过程控制中无线应用要求
- 3.过程控制中应用的无线技术**
- 4.工业无线通信展望

- 协议：
  - W-CDMA、CDMA2000、TD-SCDMA
- 频段：2GHz附近
- 速率：最高达2Mbps
- 特点：支持多媒体播放，  
收看电视



- 遵循IEEE802.11a/b/g协议
- 应用：上网、视频、电脑联网
- 频段：2.4 / 5.0 GHz
- 速率：11~54 Mbps
- 通信模式：扩频
- 距离：<100m



- 遵循IEEE802.15.1协议
- 应用：取代有线
- 频段：2.4GHz
- 通信模式：跳频
- 速率：<1Mbps
- 距离：<10m



- 协议：IEEE802.15.3
- 应用：家庭高速无线接入
- 频段：3.1~10.6GHz
- 美国FCC开放一无须申请的自由宽带频率范围 3.1- 10.6GHz
- 无射频载波，低成本，低功耗，非直线传输
- 在低传输速率模式，可用于一个重要的工业市场：位置感知（在2厘米-20米范围内）  
WiMax - 城域无线网

➤ ZigBee联盟组成

- 成立于2001年9月
- 成员为半导体厂商、无线IP供应商、OEM厂商及终端用户
- 拥有150个成员，包括飞思卡尔、飞利浦、三菱、三星、IBM及华为等



➤ ZigBee联盟的宗旨

- 在一个开放式全球标准的基础上使稳定的、低成本的、低功耗的、无线联网的监控和控制产品成为可能.....

- 专门为远程监控和控制的无线网络？
- 网络存在的实用性？
- ZigBee技术应具备的特性
  - 低成本：只需几美元就可以添加进产品
  - 低功耗：典型应用普通电池应能工作约1年
  - 低复杂度：必须非常容易使用
  - 快速、可靠、安全
  - 不同厂商生产的产品可兼容

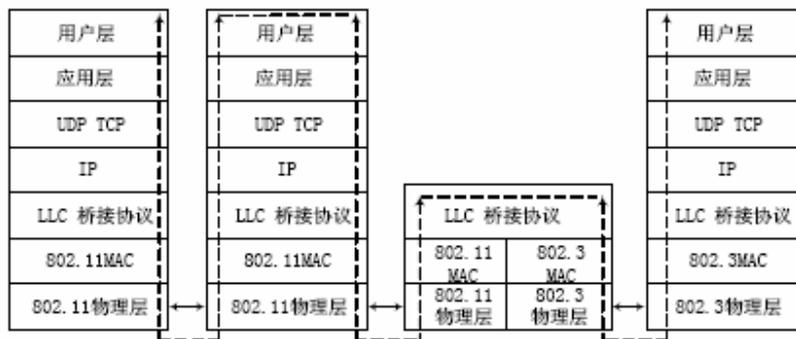


- 功耗低：发射功率仅1mW，还可采用休眠模式；两节5号电池可工作1~2年。
- 成本低：由于传输速率低，网络协议简单，成本较低，而且ZigBee协议免专利费。
- 时延短：典型搜索设备时延为30ms，休眠激活时延为15ms，活动设备信道接入时延为15ms。
- 网络容量大：网络可容纳65,000个设备。
- 传输可靠：采用碰撞避免策略，同时为需要固定带宽的业务预留专用时隙。
- 安全：采用AES-128加密算法，各个应用可灵活确定其安全属性。

- 1.无处不在的无线通信
- 2.过程控制中无线应用要求
- 3.过程控制中应用的无线技术**
- 4.工业无线通信展望

- 无线交换技术
  - 简化无线网络的规划和部署
  - 简化无线网络管理
  - 快速交付使用
- 网状网络技术
  - 构成接入点和客户的协作网络
  - 改善传输范围，通过数据包的再传输可减少往返传输要求
  - 通过多路径传输可提高传输的可靠性
  - 显著改善网络管理和网络能力
- 智能天线
  - 多发射和/或接收天线（MIMO）
  - 定向聚焦射频电磁波
  - 改善链接能力和可靠性进行高级信号处理

## 有线与无线互为补充



Physical Map of the World, April 2001



谢谢！