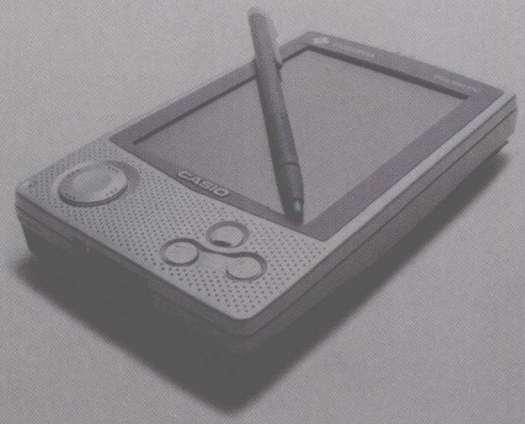
测量与控制用无线通信技术

http://www.phei.com.cn

王平 王泉 王恒 向敏 编著



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

TN92/81

2008

测量与控制用无线通信技术

王平 王泉 王恒 向敏 编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以测量与控制用无线通信关键技术问题为基础，有机地融入了作者参与制定美国仪器仪表学会 ISA－100a 工业无线通信标准所获得的研究成果，系统地介绍了 IEEE 802.11b、802.15.1（蓝牙）、ZigBee 三种无线通信技术的原理、设计方法与产品开发技术，并以作者开发的无线测控系统为典型例子，重点介绍了 IEEE 802.11b、802.15.1（蓝牙）、ZigBee 三种用于测量与控制的无线通信协议体系结构、协议栈软件的设计开发技术，以及相应的无线通信卡、无线测控设备、无线接入设备的开发方法与技术。

本书力求做到理论分析与技术应用并重，使读者对用于测量与控制的无线技术有一个系统、全面、深入的了解，并掌握用于测量与控制的无线技术与产品的开发方法。

本书可作为自动控制领域从事科学研究、产品开发与工程应用的科研人员、工程技术人员的参考用书，也可作为自动化、计算机、通信、测控、电气等专业高年级本科生和研究生的教学用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

测量与控制用无线通信技术/王平等编著. —北京:电子工业出版社,2008.3
ISBN 978－7－121－05585－0

Ⅰ. 测… Ⅱ. 王… Ⅲ. 无线电通信 Ⅳ. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 193030 号
策划编辑:范子瑜
责任编辑:周宏敏 李雪梅
印　　刷:北京机工印刷厂
装　　订:三河市鹏成印业有限公司
出版发行:电子工业出版社
　　北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
开　　本:720×1000 1/16 印张:17.25 字数:348 千字
印　　次:2008 年 3 月第 1 次印刷
印　　数:5000 册
定　　价:30.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前　言

在今天的工业生产过程中，不断提高生产设备的可靠性和产品质量，同时降低人工、能耗等生产成本是企业提高竞争力的主要手段，因此人们开始关注具有低投资和低使用成本的无线网络测控系统，通过对工业全流程的“泛在感知”，实施优化控制来达到提高产品质量和节能降耗的目的。构建这种新型网络化测控系统需要解决的核心瓶颈问题是如何实现大规模传感器采集数据的实时、低成本、高可靠传输，这也是长期困扰以有线通信为主体的工业通信技术的主要难题。用于测量与控制的无线技术为解决这一问题提供了有效方案，也使得构建新型低成本网络化测控系统成为可能。因此，用于测量与控制的无线技术也被称为测控领域的革命性技术，是继工业以太网之后，工业测控领域的又一个热点技术，是未来几年工业自动化产品新的增长点，也为我国工业自动化产业提供了一个跨越式发展的机遇。

目前，用于测量与控制的无线通信技术标准化问题引起了国际上的普遍关注。例如，国际电工技术委员会测量与控制分会（IEC TC65）计划成立工业无线标准工作组，制定相关的协议标准与规范；美国仪器仪表协会（ISA）成立了工业无线标准化（ISA－100）工作委员会，制定工业无线通信标准（简称 ISA－100）；HART 基金会正在制定新技术规范，无线 HART 成为其中的重点内容；我国也成立了相关工作组开始制定用于测量与控制的系列国家标准。

本书作者长期从事用于测量与控制的无线技术的研究，承担了一系列测量与控制方面的国家和省部级研究项目，并取得了丰富的技术积累。本书作者一直参与美国仪器仪表学会 ISA－100 标准委员会所属 PHY/MAC 层工作组、安全工作组、网络/传输层工作组、网络管理工作组、应用层工作组、评估工作组等 ISA－100 各主要工作组的标准制定工作，并向 ISA－100 提交了白皮书、技术报告与安全提案。所提交的技术报告与提案具有自身的特点与技术优势，在 ISA－100 引起广泛的关注与重视，部分提案已列入 ISA－100a 规范。

本书以作者所在课题组要解决的测量与控制用无线通信方面的关键技术问题为基础，有机地融入了作者多年承担国家 863 项目与国家和国际标准起草的科研成果，系统地介绍了测量与控制用无线通信的技术原理、设计方法与产品开发技术。本书注重系统性、实用性，强调测量与控制用无线通信理论与技术的实际运用，并且列举了大量有关测量与控制用无线通信产品与现场仪表开发的典型例子。

全书共分 6 章，第 1 章介绍了测量与控制用无线技术的发展历程、现状与趋势；第 2、3、4 章分别介绍了用于测量与控制的 IEEE 802.11b、802.15.1（蓝牙）、

ZigBee三种无线通信技术的协议体系结构、协议栈程序设计方法，并结合作者的研发成果介绍了基于相应通信技术的通信卡、无线测控设备、接入设备的开发方法与技术；第5章介绍了ISA－100的组织模式、ISA－100.11a工作组的结构，以及ISA－100.11a标准的框架结构与基本内容；第6章运用前面各章介绍的测量与控制用无线通信技术及其相应产品，构建一个基于三种无线通信技术的测量控制系统。

本书是重庆邮电大学控制网络技术研究所全体同人多年来在测量与控制用无线技术、控制系统等方面从事研究、开发与应用工作的总结。本书由王平、王泉、王恒、向敏负责主要编著工作，参与编著工作的还有李增波、苗海涛、袁李（第2章），唐铭、吕阳、金燕、吴虹岑、孙攀、金渝（第3章），王文君、胡国珍、秦勇（第4章），魏旻、魏玲俐（第5章），郝锐（第6章）。另外，对本书参考文献的作者表示诚挚的谢意。

由于时间仓促，书中难免有不足或缺点，敬请读者批评指正，并提出宝贵的意见。

作　者

2007年7月于重庆邮电大学

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

第1章 概 论

1.1 测量与控制中数据通信的特点与要求

1.1.1 测量与控制中数据通信的特点

测量与控制中的数据通信直接面向生产与控制过程，肩负着工业生产运行一线测量与控制信息传输的特殊任务，并产生（或引发）物质（或能量）的运动和转换。它通常应满足传输的实时性与确定性、网络的可靠性与安全性、设备的可互操作性、网络投用的环境适应性等特殊要求。因此，测量与控制中的数据通信具有如下特点：

（1）测量与控制中数据通信传输的信息多为短帧信息，长度较小，且信息交换频繁。

（2）测量与控制中数据通信的周期性信息与非周期性信息同时存在，正常工作状态下，周期性信息（如过程测量与控制信息、监控信息等）较多，而非周期性信息（如突发事件报警、程序上下载等）较少。

（3）测量与控制中数据通信的有限时间响应。一般来说，过程控制数据通信的响应时间要求为0.01～0.5s，制造自动化数据通信的响应时间要求为0.5～1.0s。

（4）测量与控制中数据通信的信息流向具有明显的方向性。例如，测量信息由变送器向控制器传送、控制信息由控制器向执行机构传送、过程监控与突发信息由现场仪表向操作站传送、程序下载由工程师站向现场仪表传输等。

（5）测量与控制中数据通信的测量控制信息传送有一定的顺序性，例如，测量信息首先需要传送到控制器，然后控制器进行控制运算，发出的控制信息传送给执行机构，从而控制相关阀门的动作。

（6）测量与控制中数据通信应具有良好的环境适应性。即在高温、潮湿、振动、腐蚀、电磁干扰等工业环境中具有长时间、连续、可靠、完整地传送数据的能力。

（7）测量与控制中数据通信的方式大多为广播和组播。

（8）测量与控制中数据通信必须解决多家公司产品与系统，在同一网络中的相互兼容问题，即协议的一致性与可互操作性问题。

（9）测量与控制中数据通信主要用于各种大中型企业的生产控制与管理过程

中，即使有少量的信息失密，或者遭到病毒破坏都有可能导致巨大的经济损失。因此，必须特别重视测量与控制中数据的保密性、完整性、鉴别性及信息来源和去向的可靠性。

1.1.2 测量与控制中数据通信的要求

鉴于测量与控制的特殊性，测量与控制中数据通信具有如下要求。

1. 可靠性高

工业控制必须连续运行，任何中断和故障都可能造成停产，甚至引起设备损坏或人身事故。因此，测量与控制中的数据通信必须具备很高的可靠性，有的要求过程信息和操作指令实现零丢包率。

测量与控制中数据通信的可靠性通常包含以下三个方面内容。

①可用性好，网络自身不易发生故障。因此要求网络设备质量高、平均故障间隔时间长、尽量防止故障发生。

②容错能力强，网络系统局部单元出现故障，不影响整个系统的正常工作。例如，现场设备或网络局部链路出现故障，能在很短的时间内重新建立新的网络链路。

提高网络容错能力的一个常用措施是在网络中增加适当的冗余单元，以保证当某个单元发生故障时能够由冗余单元接替其工作，原单元恢复后再恢复出错前的状态。

③可维护性高，故障发生后能及时发现并及时处理，通过维修使网络及时恢复。这是考虑当网络系统万一出现失效时，系统不但要能够采取安全性措施（如及时报警、输出锁定、工作模式切换等），而且要具有很强的自诊断能力、故障定位能力，且能迅速排除故障。

2. 快速准确的响应能力

测量与控制中数据通信系统是与工业现场测量控制设备相连接的一类特殊通信网络，数据传输的及时性与系统响应的实时性是控制系统最基本的要求。在工业自动化控制中需要及时地传输现场过程信息和操作指令，不但要完成非实时信息的通信，而且还要求支持实时信息的通信。这就不仅要求测量与控制中数据通信传输速度快，而且还要求响应迅速及时，即响应的实时性、确定性要好。实时性表现为对内部和外部事件能够及时地响应，并做出相应的处理，不丢失信息，不延误操作。确定性表现为对内部和外部事件能够在规定的时刻准时响应，并做出相应的处理，不丢失信息，不延误操作。测量与控制中需要处理的事件一般分为两类：一类是定时事件，如数据的定时采集，运算控制等；另一类是随机事件，如事故、报警等。

对于定时事件，系统设置时钟，保证定时处理。对于随机事件，系统设置中断，并根据故障的轻重缓急预先分配中断级别，一旦事故发生，保证优先处理紧急故障。

3. 良好的环境适应能力

测量与控制中数据通信应具有良好的环境适应性，即使在恶劣环境下也要保证数据传输的完整性、可靠性。由于工业生产现场环境与一般商业环境不同，例如，温度与湿度变化范围大、空气污浊、粉尘污染大、振动、电磁干扰大，并常常伴随有腐蚀性、毒性气体等。因此，要求测量与控制中的数据通信设备必须具有机械环境适应性（如耐振动、耐冲击）、气候环境适应性（工作温度要求为 -40 ~ 85℃，至少为 -20 ~ 70℃耐腐蚀、防尘、防水、电磁环境适应性等要求。要达到这些指标，测量与控制中数据通信设备需要经过严格的设计和测试。

4. 要求严格的数据安全性

测量与控制网络中的内部资源与数据通信必须有足够的安全性，以保障系统正常运行，或在受到攻击时能够迅速地发现，并采取相应的安全措施，使系统的安全损失减少到最小。同时要求在发生故障后能够迅速恢复。

1.2 测量与控制中通信技术的发展趋势

对于许多工业实际应用场合，控制信息的传输是实现自动化控制的关键环节。建立一个通畅可靠的信息传输渠道，在有线系统方面往往需要较大的投入，并承担施工和维护所带来的巨大麻烦。而无线通信技术能够在工厂环境下，为各种智能现场设备、移动机器人，以及各种自动化设备之间的通信，提供高带宽的无线数据链路和灵活的网络拓扑结构。在一些特殊环境下有效地弥补了有线网络的不足，进一步完善了工业控制网络的通信性能。总之，在工业控制中应用无线通信技术具有以下主要优势。

①网络无须人的参与，自动建立连接并进行数据通信，对于一些禁止使用电缆的工业环境（如超净或真空封闭的房间），或者很难使用电缆来传送数据（如高速旋转的设备、不适于布线的强腐蚀恶劣环境）的场合，可以通过无线通信技术来组建现场设备控制网络。

②现场设备无需电缆即可与控制网络连接，组网灵活、方便，同时又增加了现场设备的可移动性、网络结构的灵活性及现场应用的多样性。

③在工业控制系统中引入无线通信技术，可设计全新的无线工业控制网络通信体系或无线与有线混合的工业控制网络通信体系，从而促进传统控制网络升级换代。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

④无线通信技术组建的无线控制网络是对有线控制网络的逻辑扩展和延伸，便于与原有自动化控制系统的整合与集成，可以充分利用原有资源、减少浪费、降低成本。

⑤安装、维护与使用都很方便，设备无需布线便可用于现有工业环境，从而大大减少了系统的设备投资、工程费用和维护费用。

与无线通信技术相比，有线通信技术在测量与控制领域也有其自身独特的优点。

①总线供电。信息、电源同时传输。

②安全性好。可有效解决本安防爆问题、网络安全问题。

③可靠性高。电磁、气候、机械等环境的适应性强。

无线介质不像有线介质那样处在一种受保护的传输环境之中。在传输过程中，无线介质常常会衰变、中断、发生各种各样的缺陷（如频散、多径时延、干扰及与频率有关的衰减、节点休眠、节点隐蔽）和生产安全问题等。不过这些影响无线传输质量的因素，大多可以通过在 ISO 通信七层模型的各层中采用适当的机制加以克服或减轻。要注意的是，并不是所有的机制都可以与其他的机制相兼容；或者说，一些机制有可能对关键性能和属性产生负面影响。因此，无线通信系统必须根据其具体的应用现实环境，对各层采用的机制进行组合优化，以求得最好的综合通信性能。

综上所述，可得到如下结论。

（1）无线传输进入工业控制领域的趋势无可置疑。有人估计 2010 年前，大多数仪表和自动化产品都将被嵌入无线传输的功能。由于无线传输现场仪表的优点一定体现在使用电池长期供电上，所以一般来说无线传输不适用于高速控制的场合。但是，实践证明对于大多数监控和慢速控制场合，无线传输是足够可靠的，也就是说可以用在将近 80% 的自动化和过程控制场合。

（2）无线技术首先会用在楼宇自动化、自动抄表、事故响应、设备监控 SCADA 系统、设备资产管理、诊断维护等方面。当前较适宜应用的行业可能有：物流过程（装运状态监控）、汽车制造、食品加工、制药和流程行业（设备资产跟踪、监控、管理）等。

（3）用于工业控制的无线技术主要集中在无线局域网和无线短程网两个方向。它们都具有相当牢固和成熟的技术基础，但是为了适应工业控制要求和环境，还需要专门的开发研究。

（4）应该把无线通信看成是现有有线通信系统的一种发展和重要补充，决非一种替代。有线与无线的融合是自动控制中通信技术的发展潮流。

（5）已有现场总线协议的无线传输可行性需要进一步评估。基于 CAN 的 DeviceNet 实现无线通信的确定性相对要容易，因为其数据包长度相当小。现已有产品问

世，但尚未出台正式规范。因此只能认为是个别的解决方案。相对而言，Profibus - DP 的数据包长度相当长（187KB），若要实现无线通信，只能通过 IEEE 802.11（其数据传输速率为 1Mbps）、IEEE 802.11b（其数据传输速率为 11Mbps）或 IEEE 802.15.1（其数据传输速率为 1 ~ 3Mbps）而不能采用 IEEE 802.15.4（其数据传输速率仅为 20 ~ 250kbps），因而要保证传输的确定性具有相当的难度。

（6）适应各种不同应用类型和要求的无线通信的标准，有些已经颁布并被市场接受，有些还在制定过程中。

1.3 无线通信技术在测量与控制中的广泛应用

很多国家（包括我国）已经开始将 GPS、GPRS、CDMA 等无线通信技术相互结合，并应用于智能交通系统中，实现交通管理中的紧急事件管理及紧急车辆管理功能、出行者信息中的路径指导及导航服务功能，以及运营管理中车辆的监视与调度功能。但无线通信技术真正在测量与控制领域得到广泛的重视，则是由于近几年无线个人域网络（WPAN）和无线局域网（WLAN）技术的迅速发展。

目前，无线个人域网络和无线局域网技术已经迅速发展成为计算机网络中一个至关重要的组成部分，同时也是第四代（4G）无线通信和控制中的主流技术之一，并可以为第二代、第三代移动通信的各种空中接口提供无缝漫游连接。现在，WPAN 与 WLAN 已经成为可与 3G 技术竞争但又互补的无线网络。

与有线网络相比，无线网络的安装和维护费用低；与不采用国际标准的无线网络相比，WPAN 与 WLAN 易于迅速推广；与适用于远距离的 2G、2.5G 和 3G 技术相比，WPAN 与 WLAN 的研制开发和运作费用非常低；与高速、高功率的 WLAN 相比，WPAN 的造价要低得多，功耗也小得多。

WLAN 和 WPAN 的一项重要特点就是用户自己可以进行安装，并可以随心所欲地选择所要安装的场所，而且这些无线网络的构建成本相当具有市场吸引力。

有鉴于此，无线通信技术在测量与控制领域的应用已成为继现场总线与工业以太网之后，国际控制界又一个热点技术，也是工业自动化产品未来的新增长点。显而易见，在配置、安装、修改和扩展等方面，无线网络的成本都低于有线网络。特别是通过无线网络可以很方便地接入移动设备，例如，在物流过程中的装载和运输，如果采用无线网络，将大大提高工作人员的工作效率和精确性。

实际上，针对某些特定的应用，专用通信协议的无线传输方案早已被采用，并且起到了良好效果。而当前发展的目标是追求无线传输在工控领域的普遍应用或成规模应用必须解决的主要问题，即传输的确定性、可互操作性、网络安全和网络投用的适应性等，而决非个别的解决方案。因此，发展的方向首先是通信协议的标准

化。一般来说，对于可用于现场设备层的无线短程网，采用的主流协议是 WPAN（802.15 系列）通信协议，特别是才问世两三年的 IEEE 802.15.4/ZigBee；而对于用于较大传输覆盖面积和较大信息传输量的无线局域网，采用的主流通信协议则是 WLAN（IEEE 802.11 系列）。例如，WPAN 在测量与控制领域中无线分布式传感/控制网络（WDSCN）的典型应用就是最具代表性的例子，如图 1－1 所示。

无线分布式传感/控制网络主要是为一个或一组机器与另一个或一组机器之间的通信与控制而设计的，可以应用于传感器（收集数据）和控制器（执行命令）上。图 1－1 中所示为温度/烟雾传感器、灯泡、交流电控制开关和手提电脑等。假如在您的居室内装备一个 WDSCN，就可以在这些装置间进行无线通信。不同传感器（烟雾、湿度、温度）的数据能够通过手提电脑来采集，同时所有的电控开关、灯泡和空调都能由手提电脑直接控制。特别是通过空调和家庭温度计之间的通信，可以使空调智能化，自动调节室内的温度。

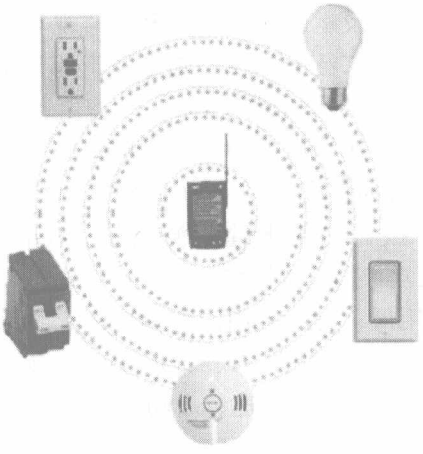


图 1－1　WDSCN 的一个应用例子

这些 WDSCN 技术适用于所有需要移动或不易进行布线的领域，尤其适用于那些需要在客户面前当场通过电子交互式系统进行数据处理的工作环境，例如，测量与控制、零售业、医疗、房地产、服务性行业、公共事业、现场工作、自动销售以及城市里的热点地区（如会场）等。在未来的十年中，WDSCN 技术将被广泛应用于制造业的工厂、变电站、石油和天然气管线以及供水系统，甚至是我们的家庭。

以下是近年来无线通信迅速进入工控领域现场设备层的若干有象征意义的行动和产品，其中一个突破口是现场总线和无线通信技术的结合。

（1）2004 年 Honeywell 推出基于 ZigBee 无线传输协议的无线变送器 XYR 5000 系列，可精确检测仪表的相对压力、绝对压力、温度，还为具有 4～20mA 接口的各种传感器提供了无线输出的转换接口。

（2）OMRON 推出无线连接 DeviceNet 现场总线主站 WD30－ME 和从站 WD30－SE，组成的 DeviceNet 现场总线系统最多可支持 DI/DO 各 1600 点的通信，已成功应用于丰田汽车装配线的控制系统中。

（3）德国 schild knecht 公司推出的无线 Profibus－DP 产品 DE 3000 系列可在主站与多个从站之间建立无线链接。其使用的载频为 2.4GHz，数据包 187.5KB，无线通信协议分别是：IEEE 802.11b（数据传输速率 11Mbps），IEEE 802.11（数据传

输速率1Mbps），IEEE 802.15.1（数据传输速率700kbps）。

（4）美国仪器仪表协会（ISA）下属的工业无线通信委员会（ISA－100）在成立之初，主要分为两个工作组：SP100.14 与 SP100.11。SP100.14 工作组将规定用于各种工业监控、记录与报警应用的无线连接标准，重点是性能与成本。SP100.11 工作组将规定各种控制应用的无线连接标准，包括从闭环调节控制到开环手动操作的各方面。2006 年 7 月，SP100 标准委员会面向全球征集技术提案，Honeywell、GE、SIEMENS 等国际著名公司与国内的重庆邮电大学等三家单位纷纷提交了技术提案，并于 10 月份进一步提交了技术白皮书。在 2006 年 10 月美国休斯敦会议上，通过投票的方式决定将 SP100.14 与 SP100.11 工作组合并成为一个工作组 SP100.11a，以确保 SP100 可以提供完整的，集成的工业无线应用标准。

（5）HART 通信基金会投资开发新的技术能力和工具，无线 HART 已成为开发重点。新技术规范正在征求意见，要求 HART 无线通信技术保证支持产品的可互操作性，与有线 HART 仪表的无缝连接，提升 HART 智能仪表的智能和可连接性。鉴于 HART 智能变送器是目前变送器应用的主流（其销售量占压力、差压和温度变送器销售量的 96%），且用户都对 HART 变送器抱有强烈信心，因此无线 HART 协议无疑具有极好的技术前景和商业前景。

（6）重庆邮电大学与中国四联仪器仪表集团公司合作开发了基于802.11b、ZigBee、蓝牙三种无线通信技术的温度变送器、阀门定位器、电磁流量计等现场设备及相应的无线操表器，组建了基于 802.11b、ZigBee、蓝牙三种无线通信技术的无线测控试验系统。在此基础上，2006 年 10 月重庆邮电大学向 SP100 标准委员会提交了技术白皮书。鉴于重庆邮电大学向 SP100 标准委员会提交的技术白皮书具有自身的特点与技术优势，在 2006 年 12 月的 ISA 荷兰阿姆斯特丹 SP100 标准会议上，重庆邮电大学作为唯一来自中国的提案成员，在会上引起广泛的关注。

1.4 测量与控制领域无线传输的国际标准

无线传输在工控领域涉及的重要概念有：无线系统与现有系统的共存性（Co－existence），不同厂家设备的互可操作性（Interoper－ability）以及系统之间的相互协作性（Inter－working）。这些都有赖于制定能被普遍接受的无线通信协议。国际上已经在这方面做了大量的工作，主要包括以下几个方面。

（1）在2006 年12 月召开的ISA 荷兰阿姆斯特丹SP100 标准会议上，SP100.11a 工作组成立了物理层/MAC 层、网络层/传输层、应用层、网络管理、安全、网关等各个任务组，任务组负责标准中相关部分的技术选择和编写等工作。与会的各个提案公司和机构通过投票表决，最终通过决议，确定采用 IEEE 802.15.4 2006 作为任

务组推荐的物理层技术，同时指出标准中至少会采用一项可选的其他物理层技术。用户可以采用可选技术，不一定必须支持推荐的物理层技术。根据 ISA 的计划，SP100 标准有望于 2008 年下半年问世。

（2）HART 通信基金会投资开发新的技术和工具，重点是无线 HART 协义，新技术规范草案已经在广泛征求意见，预计在 2008 年初正式发布。同时，HART 基金会还与工业无线组织，例如 ZigBee 联盟、SP100 无线委员会协调合作，以确保工作的连续性和均衡性。

（3）ABB 公司在 2006 德国汉诺威工业展上展出了他们制定的无线应用 WISA 协议。该协议引进具有新特点的 RealTime 技术，在可靠性方面制定了严格的标准。ABB 公司在这次展会上展示了 WISA 的可靠性、实时性、无数节点、优良共存、低耗电量等多方面的特性。

（4）国际电工技术委员会测量与控制分会（IEC TC65）也对无线实时通信技术给予了特别的关注。与 ISA－100 合作重点考虑表 1－1 所示的无线通信技术，重点关注 WLAN（IEEE 802.11g）、Bluetooth（IEEE 802.15.1）、ZigBee（IEEE 802.15.4）、超宽带技术（UWB）等在自动化技术中应用的无线实时通信标准。

表 1－1　测量与控制用的主要无线通信技术的比较

Market Name Standard	GPRS/GSM 1×RTT/CDMA	Wi－Fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1	ZigBee™ 802.15.4
Application Focus	Wide Area Voice & Data	Web，E-mail， Video	Cable Replacement	Monitoring & Contrd
System Resources	16MB＋	1MB＋	250KB＋	4KB～32KB
Battery Life (day)	1～7	0.5～5	1～7	100～1 000＋
Network Size	1	32	7	255/65 000
Bandwidth (Kbps)	64～128＋	11 000＋	720	20～250
Transmission Range (meter)	1 000＋	1～100	1～10＋	1～100＋
Success Metrics	Reach，Quality	Speed Flexibility	Cost， Convenience	Reliability， Power，Cost

第2章　基于 IEEE 802.11b 的测控网络技术

2.1　IEEE 802.11b 协议体系

2.1.1　IEEE 802.11 协议族

1990 年 11 月，IEEE 成立了无线局域网标准委员会。1997 年 6 月，IEEE 推出了全球第一代无线局域网标准，即 IEEE 802.11 标准。工作频段 2.4GHz，物理层采用直接序列扩频（DSSS）、跳频扩频（FHSS）和红外线（IR）技术，共享数据速率最高可达 2Mbps。但该版本标准规定的传输速率低，只有 1～2 Mbps，不能兼容许多已有的产品，而且它的许多应用都是基于 10 Mbps 速率以太网设计的，因此其应用受到很大的限制。由于技术的进步和应用需求的推动，现行的以太网速率正不断提高，其传输速率已经从最初的 10 Mbps、100 Mbps、发展到 1GMbps，甚至更高。与此相适应，无线局域网必须能够支持更高的数据传输速率。在 1999 年 9 月，IEEE 对 IEEE 802.11 标准进行了修改和补充，制定了 IEEE 802.11b 标准，后来又相继制定了 IEEE 802.11a、IEEE 802.11g、IEEE 802.11e、IEEE 802.11n、IEEE 802.11i等 802.11 系列的标准。从而形成了 IEEE 802.11 协议族。

IEEE 802.11b 标准是 IEEE 802.11 协议标准的扩展，它可以支持最高 11Mbps 的数据速率，运行在 2.4GHz 的 ISM 频段上，采用补码编码键控（CCK）的调制方式。IEEE 802.11b 是目前最流行的 WLAN 协议标准。

IEEE 802.11a 工作在 5GHz 频段上，使用 OFDM 调制技术，可支持 54Mbps 的传输速率。IEEE 802.11a 同已经广泛应用的 IEEE 802.11b 不兼容，这个缺点阻止了 IEEE 802.11a 的进一步应用。

IEEE 802.11g 在 2.4GHz 频段上采用 OFDM 调制技术，支持达到 54Mbps 的传输速率。IEEE 802.11g 标准能够与 IEEE 802.11b 系统互相连通，保证了兼容性，可以使原有的 WLAN 系统以平滑的速度向高速无线局域网过渡。该标准具有良好的发展势头。

IEEE 802.11e 增强了 IEEE 802.11 的 MAC 层，为无线局域网提供了 QoS 支持能力。IEEE 802.11e 对 MAC 层的增强与 IEEE 802.11a/b/g 等对物理层的改进结合起来，提升了整个系统的性能，扩大了 IEEE 802.11 系统的应用范围，使得 WLAN 系

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com