



国际信息工程先进技术译丛

 Springer

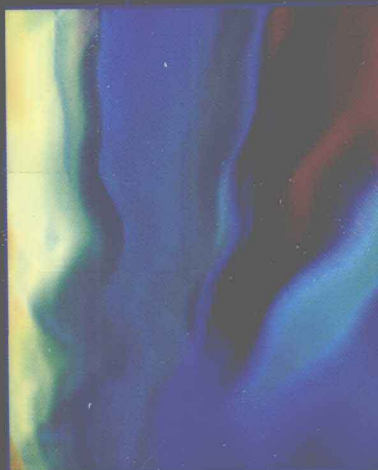
WirelessHART: 面向工业 自动化的实时网状网络

**WirelessHART: Real-Time Mesh
Network for Industrial Automation**

Deji Chen
(美) Mark Nixon 著
Aloysius Mok
王泉 王平 韩松 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

WirelessHART：面向工业 自动化的实时网状网络

Deji Chen

(美) Mark Nixon 著

Aloysius Mok

王泉 王平 韩松 译



机械工业出版社

近年来, WirelessHART 的标准和技术受到了广泛关注,但是目前业内尚无该技术相关的指导性书籍。鉴于此,本书详细地介绍 WirelessHART 及无线工业自动化,是第一本关于 WirelessHART 工业控制应用的著作。通过阅读本书,工程师能更深入地掌握该技术,丰富其 WirelessHART 系统开发及产品开发经验;用户也能更全面地理解该技术及应用,有利于其在工业自动化领域采用该技术;向学术界介绍工业无线领域的潜在研究热点,有利于其拓展和提升学术研究成果。

本书理论框架严谨,内容新颖丰富、论述精辟、覆盖面广,注重理论与实际的有机结合,具有很强的可读性。既可以作为工业自动化、计算机应用、仪器测控和传感器技术等专业人员的参考书,也可以供广大对工业过程控制和无线技术感兴趣的工程技术人员参考。本书的出版必将对国内读者更深入地了解、掌握和使用 WirelessHART 系统以及工业无线技术起着重要的推动作用。

Translation from the English language edition:

WirelessHART™ Real-Time Mesh Network for Industrial Automation

Deji Chen, Mark Nixon, Aloysius Mok

ISBN: 978-1-4419-6046-7

Copyright © 2010 by Springer Science + Business Media, LLC. All rights reserved.

本书中文简体字版由 Springer 出版社授权机械工业出版社独家出版。

版权所有,侵权必究。

本书版权登记号:图字 01-2011-1519 号

图书在版编目(CIP)数据

WirelessHART: 面向工业自动化的实时网状网络/(美)陈德基,(美)尼克松(Nixon, M.)(美)莫(Mok, A.)著;王泉等译. —北京:机械工业出版社,2012.11

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文:WirelessHART: Real-Time Mesh Network for Industrial Automation

ISBN 978-7-111-40815-4

I. ①W… II. ①陈…②尼…③莫…④王… III. ①工业自动控制-无线网 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 304215 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:林 桢 责任编辑:林 桢 责任校对:肖 琳

封面设计:马精明 责任印制:张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·15.75 印张·388 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-40815-4

定价:80.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

原书前言

过程控制工业已经历了数代技术革新，从气动通信发展到电气通信再到电子通信，从集中式控制发展到分布式控制。现如今，操作站位于分布式控制系统的中心，在过程控制系统中的工业监视器与执行器之间提供通信服务。随着新一代产品的出现，操作站更加趋于智能化。依托于智能现场设备，最新的应用程序能提供更加完备的报警、控制及故障检测服务。这些智能现场设备能提供更全面的过程信息，能降低工程造价，还能有利于改善整个工厂的操作性能。智能设备通常包含有高级故障诊断功能，该高级故障诊断功能可以报告设备的健康状况，并且在许多情况下能够反映出与该设备相连的工业过程的健康状况。智能现场设备的故障诊断功能通常包括检测管道堵塞、燃烧器火焰的不稳定性、搅拌器的损耗、湿气、孔的磨损、泄漏、气蚀等。这些智能现场设备还可以向用户报告设备本身的运行状况以及设备何时需要维护。随着传感器和故障诊断技术的发展，各式各样的智能现场设备纷纷涌现。然而，随之而来的问题是：用户怎么才能将智能现场设备的最新功能与现有控制系统的基础设施连接起来呢？

答案是无线技术。无线技术已发展成为一项较为成熟的技术，现在可以被安全地应用于工业控制、监测、资产管理等领域。它为传统控制系统提供了一种高性价比的替代通信方式，用以访问现场设备中的智能信息。以往高成本的测量现在可以由无线技术实现并融入到监控系统中。无线技术以高性价比、简单、可靠的方式实现测量和控制，没有架设线路的开销，也不需要彻底改变现有系统。无线技术还能为中心控制器和移动用户提供有效的平台，以便它们来访问工业过程及过程设备。

工业过程控制急需无线技术的全球性标准，以便不同设备厂商制造的设备能够彼此协同工作，这样能够降低供应商和用户双方的风险和成本。有着独一无二地位的 HART 通信基金会制定了一种这样的标准。

自 1989 年以来，HART 通信协议作为世界领先的过程通信技术，一直为智能仪表提供服务。工业产品供应商以创纪录的数量制造 HART 产品。世界范围内，安装和运行着的 HART 产品超过了 3 千万台。在已安装的智能仪表中，75% 的仪表是基于 HART 标准的。

然而，对于大约 85% 的 HART 智能仪表，只有过程变量数据以 4~20mA 模拟信号的方式被传送着，仪表内部大量的其他数据没有被故障诊断应用访问，从而滞留于设备中。这往往是由于访问这些内部数据的成本过高、难度过大。

经过数十年的发展，HART 通信基金会及其 230 个加盟成员公司找到了一种满

足过程工业特殊要求的无线技术标准。依托成员公司的技术资源和专业技术优势, HART 通信基金会创造出了一种全新的无线技术。这种新的无线技术在拓展 HART 协议功能的同时, 也充分考虑了全球范围内已有大量 HART 设备被安装的现实。在最新的增强版 HART 标准中, HART 通信基金会吸收了一些经过应用验证的现场通信技术、网络技术和安全协议, 并将其整合成简单、可靠、安全的无线技术标准。

WirelessHART 技术的简便性

WirelessHART 是一种易于实现的、可靠的技术。通过与现有 HART 设备、工具和系统兼容, 它可以提供与 HART 产品相关的安全、简便、可靠的用户体验。正因如此, 有过 HART 产品使用经历的用户都能够简单、快速地感受到 WirelessHART 技术的优势。

WirelessHART 技术的简便性一方面源于 WirelessHART 网络的自身特性。WirelessHART 网络是一种自组织、可自愈、自适应的网络, 它能自动调整以适应工厂环境的变化(例如新设备连接到网络时引起的变化)。

WirelessHART 技术的简便性还源于无线技术的自身特点。线缆架设和材料开支的减少, 使设备的安装和调试过程更加简单, 这样就降低了人力成本。摆脱了架设线缆的束缚, 网络可以很方便地覆盖至偏远地区。网络的构建可以以每次布置一个设备的方式来实现, 而不需要一开始就构建出整个系统。

与有线 HART 设备的良好兼容, 使得有线 HART 设备和 WirelessHART 设备能共存于同一系统中, 同时还能将 WirelessHART 系统无缝地整合到已有的上位机、集散控制系统以及资产管理应用程序中。

WirelessHART 技术的其他优势还包括可以减少工程项目成本和时间。用户可以简单、快速地通过 WirelessHART 网络来获取一些额外的测量数据, 从而避免了人工收集数据, 并且监控范围还可以拓展至一些偏远的工矿地区(例如油罐区、公共设施等)。有了这些额外的测量数据和诊断信息后, 用户就可以实现回路故障的检修、简化维护过程, 并且能够实现更广范围的检修时间预判。无线技术还可用来帮助检测对规范(例如健康、安全和环境规范)的遵守情况。

WirelessHART 还具有一些其他的优势。由于没有线缆的限制, WirelessHART 设备可以被架设在运动的设备(例如轨道车)和平稳转动的设备(例如窑炉)上。这些无线设备可以像传统有线设备一样与主控系统通信。采用无线技术还能更简单、更快捷地构建出一个用于过程研究的临时系统。

WirelessHART 技术的可靠性

WirelessHART 技术的许多特性保证其在工业环境中也能提供可靠的数据通信, 而这些工业环境通常是很不利于无线通信的。工业环境通常由高密度的铁制设施组成, 而这些铁制设施会干扰无线信号的传输。此外, 在工业环境中, 大型设备常

会频繁地移动，现场条件也会不断地变化。各种各样的射频和电磁干扰都会影响通信的顺畅。WirelessHART 技术采用了直接序列扩频技术和跳频扩频技术来将通信分散到多个不同的物理信道。

WirelessHART 网络是一种冗余的、可自愈的网络。它是一种能支持多个接入点的网状网络，而非星形或树形拓扑结构的网络。它能检测到传输路径的恶化并自动修复，还可以自动选择路径从而绕过障碍物，还能随机地在不同信道上通信。WirelessHART 网络在其整个生命周期内都会不断地调整自己以适应环境的变化。这种自适应能力是利用网络设备不断发出的健康报告和诊断信息来实现的。

WirelessHART 网络具有的许多技术使得它能很好地与其他无线网络共存。这些其他无线网络可以是其他 WirelessHART 网络或者其他非 WirelessHART 网络。WirelessHART 网络在实际传输之前先对目标信道作信道空闲评估测试，那些时常受干扰或已被占用的信道将会被禁止使用。WirelessHART 网络中的报文传送是高度同步的，这样既能提供实时的报文传输，又能优化通信的带宽和调度。

WirelessHART 技术的安全性

WirelessHART 技术采用强健的安全措施来随时保障网络和数据的安全。这些安全措施包括了最先进的安全技术，从而能提供最高层次的安全保护。WirelessHART 技术在多个子层里都使用了工业标准的 128 位 AES 加密算法。数据链路层的网络密钥用于认证每次数据传输。在网络层，每个会话都有不同的密钥以加密和认证点对点通信。每个 WirelessHART 设备都拥有各自的加入密钥，用于设备入网过程中的加密和认证。此外，在网络的整个生命周期中，网络管理器会周期性地更换网络中所有的密钥。

WirelessHART 标准采用了多种技术来保护网状网络自身的安全。它在时隙层面上采用了跳信道技术，这样实际传输的物理信道在信息将要被传送时才被确定。设备的传输功率可由网络管理器控制。大功率传输可用于应对高噪声环境，而小功率传输可用于覆盖小区域的网络（例如用在生物反应器上）。此外，小功率传输往往使网络入侵者更难察觉到通信的相关信息。

WirelessHART 标准着眼于工业需求。它支持工业应用的所有环节，从快速工程设计、安装、试运行，到简单的故障诊断和排除以及可将计划内维护变成更合算的预见性维护。WirelessHART 标准正式发布于 2007 年 9 月，是第一个为过程自动化制定的、开放的、具有良好互操作性的无线通信标准。作为一种高性价比的技术，WirelessHART 能兼容当前已安装的 HART 设备，并且完全可以得到遵循 HART 标准的设备、工具和系统的支持。HART 标准除了考虑到过去及现在的 HART 设备，还确保现在的 HART 设备和未来的 HART 设备之间也能相互协调的工作。

序 一

物联网市场巨大，应用前景广阔。目前，世界各国都对物联网非常重视，美国提出的“智慧地球”战略以及我国提出的“感知中国”战略，其基础就是目前被广为推崇的“物联网”技术。有人预测，10年内“物联网”就有可能大规模普及，到2020年，世界上物物互联的业务，跟人与人通信的业务相比，将达到30:1，仅仅是在智能电网和机场防入侵系统方面的市场规模就有上千亿元。因此，“物联网”被称为是下一个万亿级的信息技术产业。

同时物联网的应用正蓬勃发展，向各个领域迅速渗透。由于无线通信技术的发展，通信的可靠性不断提高，设备成本不断降低，无线物联网技术成为该领域发展的一个主要方向。目前的物联网通信技术包括：电力载波、2G/3G/4G移动通信、RFID等技术，这些技术在单独用于传感网络的时候，分别存在可靠性较低、使用成本过高、通信距离过短等问题，WirelessHART作为第一个获得IEC（国际电工委员会）认证的工业无线网标准（IEC62591），其在可靠性/抗干扰性、安全性、组网灵活性和兼容性方面具备独特优势。

在过去的近三十年中，HART技术在工业自动化应用领域取得了骄人的成就。ARC Advisory Group最近的一份研究报告显示，至2010年底，共有约6900万台现场设备安装在世界各地，其中46%是HART设备。这使其在所有的现场通信协议中独占鳌头，甚至超过基于现场总线（含基金会现场总线、Profibus和其他数字通信协议）、专用协议和4~20mA（模拟/非智能）的所有设备总和。

而最为对HART技术进行扩充和增强的就是WirelessHART技术，它集成了可靠、稳定、成熟的IEEE 802.15.4的底层技术，采用先进的无线网络管理技术，引起了业界的广泛关注。

我们非常高兴看到本书的问世。中国在很多方面对全球高新科技的接受程度非常高。当今工业自动化上的技术革新提供了中国从全球制造中心转变为“智造中心”的千载难逢的机会。HART通信基金会也希望将HART及WirelessHART技术更广泛和深入地在中国推广，帮助中国成为全球“智造中心”。

HART通信基金会亚洲区技术服务总监

冯翔 博士

2012年12月9日

序 二

我从事自动化及仪器仪表行业的科研和标准化工作已 25 年，其中经历了工业控制网络技术上的几次重大发展，从 20 世纪 90 年代的“现场总线大战”，到 21 世纪初兴起的工业以太网，再到现在的热点技术——工业无线技术。每次技术的创新与发展都会为产品供应商带来新的更大的市场，谁先推出产品，谁就先占领市场制高点，谁也往往成为最终的赢家。因此，所有大公司取得成功的经验是，不仅仅要紧跟技术发展的步伐，更要作为新技术的培育者，引领着本领域技术发展的方向。所以工业无线技术从一开始就引起了许多先进工业国家及国际自动化巨头公司的高度关注，纷纷投入巨资开展相关研发工作。WirelessHART 就是其中一个很具有代表性和得到广泛认可的技术，也最先成为工业无线方面的 IEC 国际标准（IEC 62591: 2010）。

WirelessHART 得到 Emerson、Siemens、ABB、E+H 等公司的鼎力支持。据悉，目前在过程控制领域的 PROFIBUS 国际组织和现场总线基金会（Field bus Foundation）都不再推出自己的工业无线通信技术，而统一支持 WirelessHART。这样无论从技术发展还是产品供应方面，都带来了市场和用户足够的信心。WirelessHART 具有市场潜力的优势还在于它与原有有线 HART 仪表和控制系统完全兼容，只要是基于 HART 的设备、工具、应用软件和工作流程等都可继续保留使用，这无疑使得 WirelessHART 可借助广泛使用的 HART 设备而迅速拓展无线仪表市场。例如，Emerson 公司去年在中国市场上的 WirelessHART 仪表和系统的销售与应用已经取得相当大的成绩。

作为全国工业过程测量和控制标准化技术委员会的秘书长，我于十多年前就开始了与 HART 通信基金会的接触。近年来，随着 HART 与 WirelessHART 技术产品在我国市场份额的迅速增长，HART 通信基金会也越来越重视我国市场，终于在 2010 年年底与全国工业过程测量和控制标准化技术委员会合作，开始了 HART 和 WirelessHART 中国标准的转化，预计将于今年年底前成为中国标准。

本书的三位作者都是从事工业过程控制领域研究的资深专家，对 WirelessHART 技术和规范的开发以及 IEC 62591 标准的制定有着突出贡献。本书总结了 WirelessHART 技术的精华，它的问世恰好提前向读者给出了 WirelessHART 的技术概况，为工程师应用和开发 WirelessHART 产品提供指导。

我们期待着 WirelessHART 取得与有线 HART 一样的成功。

机械工业仪器仪表综合技术经济研究所
所长 欧阳劲松

序 三

工业过程自动化技术是当代发展最迅速、应用最广泛、效益最显著、最引人注目的关键技术之一，是推动新技术革命和新产业革命的关键技术之一，是电子信息技术的综合集成技术之一，也是走向新型工业化道路的关键技术之一。工业无线控制技术是当前工业自动化领域关注的热点之一。

由陈德基先生等合著、2010年由Springer出版社出版的《WirelessHART™ Real-Time Mesh Network for Industrial Automation》英文版一书，经由王泉先生等将该书翻译成中文版呈现给广大工业自动化等行业的科技工作者，使其对了解工业过程控制无线技术一定受益匪浅。

WirelessHART通信规范（HART7.1）于2008年9月19日正式获得国际电工委员会（IEC）的认可，成为一种公共可用的规范（IEC/PAS 62591Ed.1）。本书全面系统地介绍了WirelessHART作为第一个开放式的可互操作无线通信标准，能够满足流程工业对于实时工厂应用中的可靠、稳定和安全的无线通信的关键需求的内容。本书介绍了WirelessHART通信标准与已有国际标准的兼容情况，包括HART协议（IEC 61158）、EDDL（IEC 61804-3）、IEEE 802.15.4无线电和跳频、扩频和网状网络等相关技术。深入浅出地介绍了WirelessHART网络的各组成部分：连接到过程或工厂设备的无线现场设备；使这些设备与连接到高速背板的主机应用程序或其他现有厂级通信网络能通信的网关，以及负责配置网络、调度设备间通信、管理报文路由和监视网络健康的网管软件；网管软件能和网关、主机应用程序或过程自动化控制器集成等内容。

本书的出版对于读者了解工业过程控制无线技术具有重要的实际意义，同时也具有现实的指导意义。本书理论框架严谨、内容新颖丰富、论述精辟、覆盖面广，注重理论与实际的有机结合，具有很强的可读性。既可以作为工业自动化、计算机应用、仪器测控和传感器技术等专业技术人员的参考书，也可以供广大对工业过程控制和无线技术感兴趣的工程技术人员参考。本书的出版必对国内读者更深入地了解、掌握和使用WirelessHART标准发挥重要的推动作用。

清华大学精密仪器与机械学系

教授 王雷

2012年11月5日

目 录

原书前言

序一

序二

序三

第一部分 WirelessHART 简介

第 1 章 概述	3
1.1 关于 HART 标准	3
1.2 关于 WirelessHART 标准	4
1.3 协议层	6
1.4 简单案例	11
第 2 章 物理层	13
2.1 物理层服务	13
第 3 章 数据链路层	15
3.1 数据链路层服务	16
3.2 逻辑链路控制	18
3.3 介质访问控制	20
第 4 章 网络层和传输层	23
4.1 概述	23
4.2 网络层服务	25
4.3 网络层规范	27
第 5 章 应用层	31
5.1 应用层接口	31
5.2 动态和设备变量	36
5.3 上位机一致性等级	36
第 6 章 WirelessHART 网络	37
6.1 WirelessHART 现场设备	38
6.2 WirelessHART 路由设备	40
6.3 WirelessHART 适配器	40

6.4	手持设备	41
6.5	WirelessHART 网关和接入点	41
6.6	网络管理器和安全管理器	45

第二部分 WirelessHART 深入

第7章	范例	54
7.1	网络管理和上位机请求	55
7.2	过程测量	57
7.3	调度范例——单跳网络	59
7.4	调度范例——多跳网络	60
第8章	WirelessHART 协议栈剖析	62
8.1	物理层	62
8.2	数据链路层	65
8.3	网络层和传输层	71
8.4	应用层	73
8.5	跨层相关的话题	76
8.6	其他话题	91
第9章	网状网络	94
9.1	WirelessHART 网络的诞生	94
9.2	网络中设备的生命周期	94
9.3	路由	100
9.4	WirelessHART 网关与上位机的通信	104
9.5	网络管理	105
9.6	冗余	107
9.7	可扩展性	111
9.8	低功耗模式和电池寿命	112
9.9	互操作性和互换性	113
9.10	WirelessHART 网络的非期望访问	113
第10章	一般话题	116
10.1	WirelessHART 标准和 ISO OSI 标准	116
10.2	射频基本原理	117
10.3	集中控制	123
10.4	现场勘查	125
10.5	WirelessHART 标准和 IEEE 802.15.4 标准	125

10.6	共存	131
10.7	HART 及其他现场总线标准	135
10.8	WirelessHART 标准应用范围	135
10.9	安全和可靠性	136
10.10	WirelessHART 技术的使用极为简单	137

第三部分 WirelessHART 实践

第 11 章	测试和诊断工具	140
11.1	Wi-Analys 工具	140
11.2	Wi-HTest 工具	143
11.3	后期处理套件	151
第 12 章	HART 设备配备 WirelessHART 功能的快速方法	153
12.1	WirelessHART 适配器	153
12.2	简化版 WirelessHART 适配器	153
第 13 章	开发建议	155
13.1	嵌入式操作系统	155
13.2	对收到的报文盖上时间戳	156
13.3	协议栈各层的实现	156
13.4	协议栈相邻层之间的 API	157
13.5	定时器模块	157
13.6	硬件的选择	161
13.7	一些相关问题	162
第 14 章	WirelessHART 网络部署的建议	165
14.1	WirelessHART 网络范围	165
14.2	WirelessHART 网络设计	165
14.3	WirelessHART 网络部署	167
14.4	更多建议	169

第四部分 WirelessHART 展望

第 15 章	过程工业采用 WirelessHART	172
15.1	WirelessHART 标准是基于已经过验证的解决方案之上	172
15.2	WirelessHART 标准包含了最先进的技术	173
15.3	WirelessHART 标准易于接受	174

第 16 章 无线与实时工业过程控制	176
16.1 无线控制的挑战	176
16.2 改进使用不稳定通信技术的 PID 控制	182
第 17 章 实时无线网状网络的研究	194
17.1 实时系统	194
17.2 值得研究的领域	195
第 18 章 工业无线系统和 WirelessHART 标准的未来	197
18.1 过程自动化中的无线传感器网络	197
18.2 位置感知	200
18.3 信息物理系统和 WirelessHART 系统	203
18.4 WirelessHART 标准的下一步演进	207
第 19 章 WirelessHART 案例分析	211
19.1 项目介绍	211
19.2 案例分析	211
19.3 AwiaTech 解决方案合作开发路线图	211
19.4 客户需求理解	212
19.5 方案比较	212
19.6 方案实施	213
19.7 AwiaTech WirelessHART 模块详解	213
第 20 章 属性和域值	217
20.1 报文中字段值的注解	217
20.2 WirelessHART 报文字段	218
第 21 章 符号和缩写	223
第 22 章 定义	228
参考文献	236

第一部分 WirelessHART 简介

该部分将整个 WirelessHART 标准简述为一个简短的小册子；在阅读完该部分后，读者被鼓励进一步阅读 WirelessHART 标准以获得更详细的知识。只有 HART 通信基金会的成员被给予获得 HART 标准。然而，WirelessHART 通信标准 (HART 7.1) 于 2008 年 9 月 19 日正式获得国际电工委员会 (IEC) 的认可，成为一种公共可用的标准 (IEC/PAS 62591 Ed. 1)。请访问 HART 通信基金会网站 <http://www.hartcomm.org> 以获取更详细资料。

- 第 1 章介绍 HART 简史；
 - 第 2 章介绍 WirelessHART 的物理层；
 - 第 3 章介绍 WirelessHART 的数据链路层；
 - 第 4 章介绍 WirelessHART 的网络层和传输层；
 - 第 5 章介绍 WirelessHART 的应用层；
 - 第 6 章概述整个 WirelessHART 网状网络。
- 用于描述协议栈内信息流的术语

包 术 语	包 的 含 义
请求 (Request)	上层发送请求给下层
确认 (Confirm)	下层回复“请求”
指示 (Indicate)	下层发送一个请求给上层，大多数情况下包含一个来自于其他网络节点的新信息
响应 (Respond)	上层回复“指示”

例如，节点 A 发送一个命令给节点 B，节点 B 会返还一个命令响应给节点 A。节点 A 发出的命令是一个请求 (Request) 包，该请求包将会在节点 A 的协议栈各层间向下传递，当该命令在节点 B 的协议栈各层间向上传递时可被理解为指示 (Indicate) 包；节点 B 回复的命令可被理解为响应 (Respond) 包，该响应包在节点 B 的协议栈各层间向下传递，当该命令在节点 A 的协议栈各层间向上传递时可被理解为指示 (Indicate) 包。在节点内部，当一个数据报被成功地发送出后，一个确认 (Confirm) 包将在协议栈各层间向上传递。

1. 协议栈各层间的交互

下层通常为上层提供一系列应用程序接口 (Application Programming Interface, API)。这些应用程序接口被统称为服务原语 (Service Primitive, SP)。从上层发送到下层的包是请求或者响应服务原语。从下层发送到上层的包是确认或指示服务原语。

服务原语可分为两个系列: 管理服务原语和数据服务原语。数据服务原语是用于数据报的传送, 管理服务原语用于协议栈各层的配置。

第 1 章 概 述

摘要：本章简要概述 WirelessHART 标准。HART 标准已存在有二十多年，它拥有数量最多的已部署在世界上所有现场总线网络的现场设备。在 HART 标准的最新版本 7.0 中，WirelessHART 部分将无线技术应用到过程工业。WirelessHART 标准是工作于 2.4GHz ISM 频段的、安全的网络技术，它结合了基于 IEEE 802.15.4 的直接序列扩频（DSSS）射频技术与基于数据报的跳信道技术。WirelessHART 标准与 HART 标准共享同一个应用层，但 WirelessHART 标准拥有自己的网络层、数据链路层、物理层。1.3 节简要介绍 WirelessHART 的网络层、数据链路层、物理层。1.4 节列出了一个简单的 WirelessHART 应用案例。

1.1 关于 HART 标准

HART 标准 (www.hartcomm.org) 制定于 20 世纪 80 年代后期。在其最初版本中，HART 现场通信协议被叠加在一个 4 ~ 20mA 信号上以提供与智能现场仪表的双向通信，并且没有危害测量数据的完整性。在 HART 标准存在的 20 多年里，HART 协议从一个基于 4 ~ 20mA 的简单协议发展为当前无线和有线技术结合的协议，并拥有了许多新的特点，如支持安全、自发数据传输、事件通告、块模式传输和高级诊断等。目前，诊断信息包括有设备信息、设备附属装置的信息以及在某些情况下的实际监测过程。图 1-1 总结了 HART 标准的演变过程。

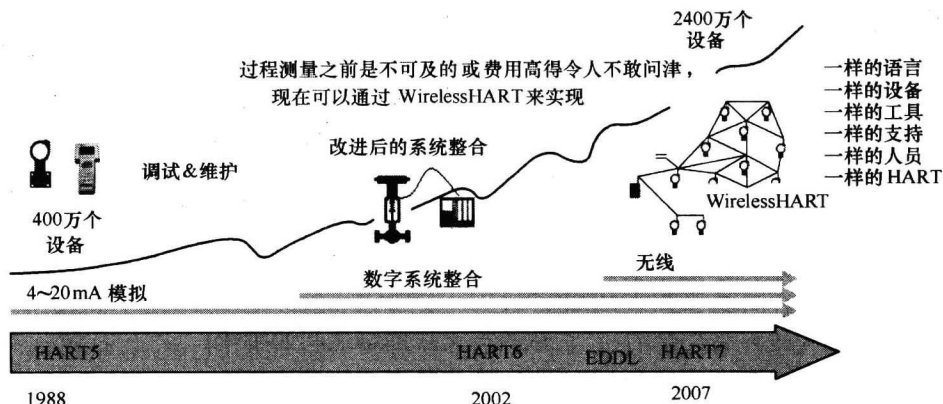


图 1-1 HART 标准的演变过程

HART 标准的最新版本 (7.0 版) 涵括了一些新特点, 以改善系统的性能、增强诊断能力和提供更好的维护能力。这些新特点包括:

- 1) 支持无线网状网络;
- 2) 添加了时间同步和时间戳;
- 3) 增强了报文的发布/订阅 (突发模式) 服务;
- 4) 添加了传输层;
- 5) 添加了网络层;
- 6) 添加了高速文件传输管道;
- 7) 添加了安全/加密/解密。

1.2 关于 WirelessHART 标准

为了支持无线应用, HART 7.0 版本包含了一个新的重要通信协议, 即 WirelessHART 协议。像有线 HART 协议一样, WirelessHART 协议的应用对象是固定的传感器和执行器。WirelessHART 的目标市场还包括灵活的制造设备以及旋转装置 (例如窑式干燥机)。WirelessHART 可用于保护用户已有以及新的投资。我们需要保护传统的产品及应用, 继续现有的工作惯例及培训。我们也需要使用无线技术来降低测量成本、访问仪表内部的高级诊断信息以及拥有更好能力来监测设备。

WirelessHART 标准采用一些现有的标准, 如 HART 标准、IEEE 802.15.4 标准、AES-128 加密标准, 以及 DDL/EDDL 标准。有线 HART 能做到的, WirelessHART 标准都能做到并且可以做得更多。WirelessHART 标准是工作于 2.4GHz ISM 频段的安全网络技术, 它结合了基于 IEEE 802.15.4 的直接序列扩频 (DSSS) 射频技术与基于数据报的跳信道技术。WirelessHART 网络支持来自众多制造商的各种各样的设备。图 1-2 描述了几种基本的网络设备类型, 其中包括:

- 1) 现场设备: 实现现场感知或执行功能的基本设备;
- 2) 现场路由设备: 主要作为路由器而提供服务;
- 3) 现场适配器: 将有线 HART 设备连接到无线网状网络;
- 4) 手持设备: 被移动用户随身携带;
- 5) 接入点: 连接现场设备到网关;
- 6) 网关 (也许是冗余的): 上位机与无线网络之间的桥梁;
- 7) 网络管理器 (也许是冗余的): 也许驻留于网关设备中。

WirelessHART 网络通过使用一种被称为时分多址 (TDMA) 的方法来精确调度网络中的通信。WirelessHART 网络中的通信绝大多数都是沿着图路由方向的。集