



神州数码网络教学改革合作项目成果教材
神州数码网络认证教材

DCN



神州数码
Digital China

无线网络技术 高级教程

张鹏 主编

全国职业技能大赛推荐参考书
神州数码网络认证指定教材
校企合作新课改教材



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



附 电子 课 件

神州数码网络教学改革合作项目成果教材

神州数码网络认证教材

无线网络技术高级教程

主 编 张 鹏
参 编 杨鹤男 樊 睿 薛晓天
包 楠 闫立国

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是神州数码 DCNS（神州数码认证网络专家）认证考试的指定教材，首先简明地介绍了无线网络的理论基础，然后对无线网络的主流案例进行了详细阐述。主要内容包括无线网络基础无线网络结构、无线网络附件介绍、无线网络项目规划与勘测、无线网络项目实施、无线网络维护与优化、一个典型的无线网络实训、无线胖 AP 配置与管理、无线 AC 配置与管理。

本书可作为各类职业院校计算机应用技术专业和计算机网络技术专业的教材，也可作为无线网络维护的指导用书和无线工程师岗位培训的教材。

本书配有电子课件，选择本书作为教材的教师可以从机械工业出版社教育服务网（www.cmpedu.com）免费注册下载或联系编辑（010-88379194）咨询。

图书在版编目（CIP）数据

无线网络技术高级教程/张鹏主编. —北京：机械工业出版社，2018.1

神州数码网络教学改革合作项目成果教材神州数码网络认证教材

ISBN 978-7-111-58765-1

I. ①无… II. ①张… III. ①无线网—教材 IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第316563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：梁 伟 责任编辑：梁 伟

责任校对：马立婷 封面设计：鞠 杨

责任印制：孙 炜

北京玥实印刷有限公司印刷

2018年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.5印张·326千字

0 001—2000册

标准书号：ISBN 978-7-111-58765-1

定价：39.00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

服务咨询热线：010-88379833

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-88379649

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

序

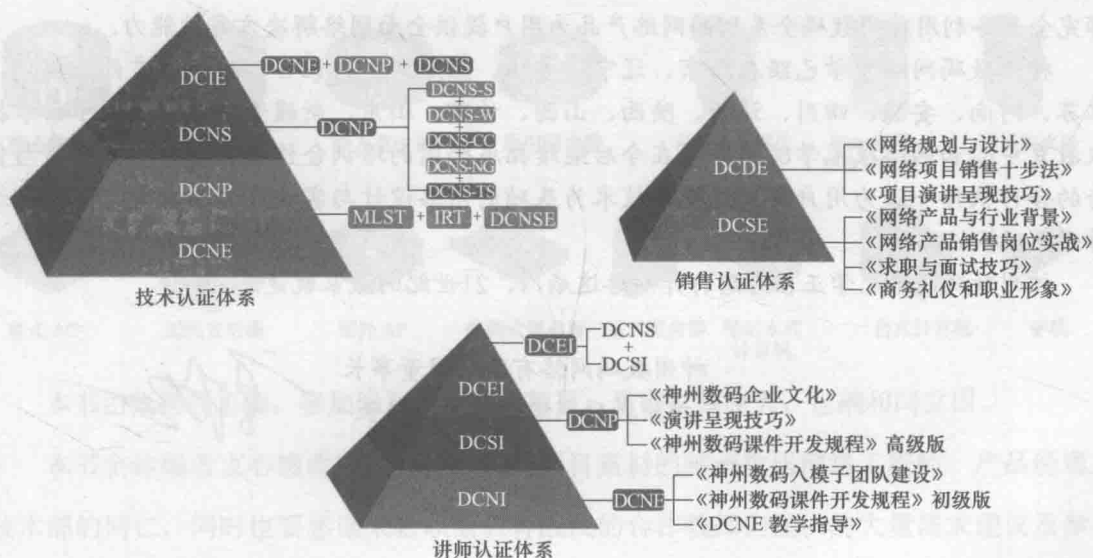
神州数码网络大学

—— 专业网络工程师的培训基地

神州数码网络大学是神州数码网络有限公司的网络技术教育机构，是专业网络工程师的培训基地，旨在培训网络管理员（DCNA）、网络设计工程师（DCDE）、网络工程师（DCNE）、高级网络工程师（DCNP）、网络专家（DCNS）、网络互联专家（DCIE）等网络专业人才，帮助企业提升网络应用水平。

神州数码网络大学作为培训业界的中流砥柱，紧跟国际先进技术趋势，引领本土技术发展，拥有完善的认证体系、经验丰富的培训讲师、遍布全国的培训网点和网上标准化考试平台，以及先进的教学和实验设备，为学员提供了良好的实战演练环境。神州数码网络大学秉承“学以致用”的教学宗旨，以由浅入深的标准化、本土化教学课程和正式出版的培训教材，更深入力行于网络教育与普及的领域，满足人们对网络的渴求与梦想，提高全民的网络品质。

神州数码网络大学按照技术应用场合的不同，充分考虑不同层次的学习需求，为客户及学习者提供了技术认证体系、规划认证体系，形成了全方位的网络技术认证体系课程。



认证体系全家福



网络安全认证



信息安全认证



讲师认证



售前认证

神州数码网络大学根据不同背景的学习者分别建立了具有针对性课程体系的授权教育中心和网络技术学院，为社会学习者和在校学生提供了完整系统的培训服务。同时，网络大学为每一位通过认证培训的学员颁发神州数码认证证书，此证书代表着当今网络界对一名从事网络技术工作人员的专业技术水准所给予的认可。

随着网络的迅速发展，为了更好地推动社会网络教育，神州数码网络大学开发了一系列的培训课程，其主要有以下两个特点。

一是“全”：目的是让初学者对网络有整体的了解，其中包括网络规划、布线系统、设备特性、产品调试、设备集成等网络方面的知识。

二是“精”：主要培养神州数码认证的网络设计工程师（DCDE）、网络管理员（DCNA）、网络工程师（DCNE）、高级网络工程师（DCNP）、网络专家（DCNS）和神州数码网络认证讲师（DCNI）、网络互联专家（DCIE）、高级讲师（DCSI）。全部培训课程完全在真实的网络环境中讲授，并进行成功案例分析。经过神州数码网络认证的工程师完全具备利用神州数码全系列的网络产品为用户提供全面网络解决方案的能力。

神州数码网络大学已经在北京、辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、广东、广西、福建、江苏、河南、安徽、四川、江西、陕西、山西、甘肃、山东、新疆等地建立了五十余家授权教育中心和网络技术学院，并将在今后继续拓展全国的培训合作发展。神州数码将与优秀的合作伙伴一道为用户提供以提升技术为基础的网络设计与实施能力的教育，共同打造神州数码认证品牌！

神州数码网络大学正在为您打开网络这扇门，21世纪的赢家就是您！

神州数码网络有限公司董事长
神州数码网络大学名誉校长

前言

本书是神州数码DCNS（神州数码认证网络专家）认证考试的指定学习教材，首先简明地介绍了无线网络的理论基础，然后对无线网络的主流案例进行了详细的阐述。

本书适用于从事企业网络搭建和技术实施的人员。我们也把这本书推荐给所有对计算机网络交换技术有兴趣的人士。

本书所教授的技术和引用的案例，都是神州数码推荐的设计方案和典型的成功案例。

本书所用的图标：本书图标采用了神州数码图标库标准图标，除真实设备外，所有图标的逻辑示意如下。



本书由张鹏任主编，参加编写的还有杨鹤男、樊睿、薛晓天、包楠和闫立国。

本书全体编者衷心感谢提供各类资料及项目素材的神州数码网络工程师、产品经理及技术部的同仁，同时也要感谢来自职业教育战线的合作教师们提供的大量需求建议及参与的部分内容的校对和整理工作。

感谢北京市求实学校的老师们为本书配套开发了交互式仿真实训微课，可以很好地帮助教师授课和学生学习。微课平台网址为<http://dcn.skillcloud.cn>。

由于编者的经验和水平有限，书中不足之处在所难免，欢迎批评指正。编者邮箱：xuext@digitalchina.com；yanghn@digitalchina.com。

编者

目 录

序
前 言

第 1 部分 理论部分

第 1 章 无线网络基础.....	2
1.1 Wi-Fi 是什么.....	2
1.2 IEEE 802.11 协议.....	4
1.3 信道.....	8
1.4 调制解调.....	11
1.5 功率.....	12
1.6 接收信号灵敏度.....	13
第 2 章 无线网络结构.....	14
2.1 网桥.....	14
2.1.1 点对点.....	14
2.1.2 点对多点.....	14
2.1.3 中继.....	15
2.1.4 客户端模式.....	15
2.2 接入网.....	16
2.3 接入网的工作方式.....	18
2.3.1 AP 的网络服务.....	18
2.3.2 工作站服务.....	20
2.3.3 802.11 的硬件.....	23
2.4 MESH.....	28
第 3 章 无线网络附件介绍.....	31
3.1 WLAN 天线.....	31
3.1.1 天线基础.....	31
3.1.2 天线的分类.....	36
3.1.3 定向天线.....	37
3.1.4 全向天线.....	39
3.1.5 天线的选择.....	41
3.1.6 天线和距离的关系.....	41
3.2 无源器件.....	43

3.2.1	功率分配器	43
3.2.2	耦合器	45
3.2.3	合路器	46
3.2.4	射频电缆与连接器	48
3.3	避雷与接地	53
第4章 无线网络项目规划与勘测		57
4.1	无线网络项目规划	57
4.1.1	无线网络现场规划	57
4.1.2	无线网络资源规划	57
4.1.3	无线网络产品规划	58
4.2	无线网络项目勘测	58
4.2.1	前期准备	59
4.2.2	链路计算	59
4.2.3	对干扰的回避	61
4.2.4	室内勘测	61
4.2.5	室外勘测	66
第5章 无线网络项目实施		68
5.1	项目实施前的准备	68
5.1.1	设备的点验	69
5.1.2	辅材点验	70
5.1.3	施工人员入场	71
5.1.4	工程质量管理	71
5.2	项目实施前网络拓扑的规划	72
5.2.1	无线控制器	72
5.2.2	DHCP 服务	77
5.2.3	认证服务器	81
5.2.4	汇聚交换机	92
5.2.5	接入 POE 交换机	92
5.2.6	室内 AP 安装	94
5.2.7	VLAN 及地址规划	95
5.2.8	信道规划	95
5.2.9	认证规划	96
5.3	线路铺设与设备安装	100
5.3.1	光纤线路规划	103
5.3.2	室内设备安装	106
5.3.3	室外设备安装	119
5.4	设备调试	122
5.4.1	AC 调试	122

5.4.2 汇聚及接入交换机调试	136
5.4.3 认证服务器调试	138
5.5 项目交付	150
第 6 章 无线网络维护与优化	152
6.1 无线网络项目排障	152
6.2 无线网络项目优化	160

第 2 部分 实验案例部分

第 7 章 一个典型的无线网络	170
7.1 项目描述	170
7.2 项目分析	170
7.3 实训任务	171
7.3.1 无线局域网概述和勘测	171
7.3.2 无线局域网设备认知	174
第 8 章 无线胖 AP 配置与管理	179
8.1 项目描述	179
8.2 项目分析	179
8.3 实训任务	180
8.3.1 无线 AP 基础管理配置	180
8.3.2 开放式无线接入配置	186
8.3.3 无线加密接入配置	188
8.3.4 多 SSID 的无线接入配置	191
第 9 章 无线 AC 配置与管理	194
9.1 项目描述	194
9.2 项目分析	194
9.3 实训任务	195
9.3.1 无线 AC 基础管理配置	195
9.3.2 无线 AC 的 DHCP 服务管理	200
9.3.3 无线漫游网络配置	202
9.3.4 无线 AC 的数据加密认证	204
9.3.5 外置 Portal+ 外置服务器认证配置	207
9.3.6 无感知认证	212
9.3.7 外置 Portal+ 本地认证配置	213
9.3.8 无线 AC 的安全控制	215
9.3.9 无线 AC 批量升级 AP	217
9.3.10 无线网络维护	219

（Service Provider）而由一个或多个服务提供商（ISP）提供。ISP 是 Internet 的入口，它们为用户提供接入 Internet 的服务。ISP 可以分为本地 ISP 和远程 ISP。本地 ISP 为用户提供接入 Internet 的服务，而远程 ISP 则为用户提供接入其他 ISP 的服务。ISP 之间的连接构成了 Internet 的骨干网。ISP 之间的连接可以通过物理线路（如光纤）或无线方式（如卫星）实现。ISP 之间的连接通常是通过租用线路或购买带宽来实现的。ISP 之间的连接通常是通过租用线路或购买带宽来实现的。ISP 之间的连接通常是通过租用线路或购买带宽来实现的。

第 1 部分



理论部分

本章主要介绍网络基础理论，包括网络的定义、网络的组成、网络的分类、网络的拓扑结构、网络的传输介质、网络的传输技术、网络的接入技术、网络的安全技术等。本章是学习网络知识的基础，也是从事网络工作的必备知识。本章主要介绍网络基础理论，包括网络的定义、网络的组成、网络的分类、网络的拓扑结构、网络的传输介质、网络的传输技术、网络的接入技术、网络的安全技术等。本章是学习网络知识的基础，也是从事网络工作的必备知识。

第1章 无线网络基础



1.1 Wi-Fi 是什么

1. 无线网络是什么

无线网络 (Wireless Network) 是采用无线通信技术实现的网络。无线网络既包括允许用户建立远距离无线连接的全球语音和数据网络, 也包括为近距离无线连接进行优化的红外线技术及射频技术, 与有线网络的用途十分类似, 最大的不同在于传输媒介不同, 利用无线电技术取代网线, 可以和有线网络互为备份。

2. 为何使用无线网络

如今整个世界逐渐走向移动化。因此, 传统的联网方式已经无法应对新生活形式所带来的挑战。如果必须通过实体缆线才能够联网, 则使用者的活动范围势必大幅缩小。无线网络便无此限制, 使用者可以享有较宽广的活动空间。因此, 无线技术正逐渐侵蚀传统固定 (Fixed) 或有线 (Wired) 网络所占有的领域。

语音通信的无线化造就了一个全新的产业, 为电话注入移动性已经对语音通信事业造成深刻的影响。因为如此一来, 人与人之间就可以直接联系, 不必受限于设备。在计算机网络领域, 人们面临同样深刻的巨变。无线语音之所以如此受到欢迎是因为人们可以丝毫不受地点的影响而彼此沟通。针对计算机网络所发展的种种新技术, 让 Internet 连接得以提供相同的无线功能。到目前为止, 802.11 算是最成功的无线网络技术协议 (详见本章 1.2)。

无线网络最明显的优点在于提供给人们移动性 (Mobility)。无线网络的使用者可以连接至既有网络, 而后随意漫游。无线数据网络 (Wireless Data Network) 让软件开发人员从此不必再受 Ethernet 网线的束缚。他们可以在图书馆、会议室、停车场甚至对街的咖啡馆工作。只要使用者不走出基站 (Base Station) 的覆盖范围, 即可使用网络资源。唾手可及的无线网络设备能够轻易涵盖整个公司; 只要花些工夫, 用一些特殊设备, 就可以让采用 802.11 协议的网络的覆盖范围延伸至想要的地区, 距离甚至可以长达几千米。

无线网络通常具备相当大的弹性, 也即部署快速。无线网络可以通过基站让使用者连接到既有的网络; 在采用 802.11 协议的网络中, 基站又称为接入点 (Access Point)。然而不论用户有多少, 无线网络基础建设在本质上并没有什么差异。要在某个地区提供无线网络服务, 必须先将基站与天线定位。一旦完成基础建设, 要在无线网络中加入新用户只需要进行授权 (Authorization)。虽然基础建设完工之后, 仍须经过设置的步骤才能够辨认用户身份以及提供服务, 不过单就授权本身而言, 并不需要新增额外的设备。要在无线网络中新增一位用户只须对基础设备进行配置, 不必拉线、打洞与配置网络插座。

弹性对服务供应商 (Service Provider) 而言十分重要。热点 (Hot Spot) 连接市场是 802.11 设备厂商必争之地。班机或列车误点时, 在机场与车站等候的商务人士或许会有上网的需求。咖啡馆以及其他公众聚集的社交场合亦然。有些咖啡馆已经开始提供 Internet 访问服务; 通过无线网络访问 Internet 不过是现有服务的自然延伸。虽然 Ethernet 的插座一样能够提供访问服务, 但是通过有线网络的做法也并非全然没有问题。主要是布线既贵且费时, 有时甚至需要重新装潢。此外, 要辨别哪条线路出现问题非常耗时耗力。如果使用无线网络, 则不但可以省下装潢的工夫, 也不用费神分析 (或瞎猜) 损坏在何处。只要基础设施的有线网络可以联上 Internet, 不论使用人数多少, 无线网络都可以满足每个人的需求。虽然无线局域网的频宽有限, 但实际上 WAN (广域网) 的频宽成本才是小型热点网络的瓶颈所在。弹性对老旧建筑而言特别重要, 因为可以避免大兴土木。一旦建筑物被列为古迹, 改建就更加困难。除了满足业主需求, 改建工程还必须符合古迹维护单位的限制, 以免破坏历史文物。无线网络在类似环境中可以快速部署, 因为有线网络的安装通常只占其中一小部分。

另一方面, 随着采用 802.11 协议的设备价格的快速滑落, 各式各样的团体开始设置开放给公众使用的无线共享网络。社区无线网络也打破了 DSL 的限制, 让以往不敢如此奢望的社区, 也能够高速访问 Internet。在传统有线网络难以企及的地方, 社区无线网络特别成功。

虽然无线网络呈现爆炸性成长, 不过并非全面均衡发展。有些成长较快, 因为无线网络对这些市场而言特别有价值。通常, 越重视移动性与弹性的市场, 对无线局域网的兴趣就越大。

物流组织 (如 UPS、FedEx 或者航空公司) 或许是率先采用 802.11 协议的使用者。在 802.11 协议之前, 包裹追踪系使用专属的无线局域网。标准化使得产品价格下滑, 也使得网络设备供应商彼此更加竞争, 因此以标准化产品取代专属产品, 可说是简单不过的决定。医疗产业也是无线网络的早期使用者, 因为医疗器材通常需要较大的弹性。技术先进的医疗组织早就采用无线局域网传递病历, 让医生更方便取得病历相关信息, 有助于医疗品质的改善。电子化病历可以跨部门传送, 无需费神辨认医生的笔迹。在纷扰嘈杂的急诊室, 能否快速取得影像数据有时会成为救命的关键。有些医院通过无线局域网, 让具有特殊配备的急救手推车可以即时进行 X 光成像, 这样医师就可以即时诊断, 不必等到 X 光片显影完成。

有些教育机构对于无线局域网十分狂热。为了吸引学生, 他们宣传自己的无线网络很好。能够提供越多高速上网的场所, 就能够更吸引学生。如今学生已经是移动网络的重要使用者, 可以受惠于课堂间或者“第二个家” (如图书馆、工作室、实验室) 中随处可用的网络。

和所有网络一样, 无线网络同样是通过网络介质传送数据。无线网络所使用的介质属于某种形式的电磁辐射。为了满足移动网络的使用需求, 此介质必须能够涵盖较广的区域, 以让使用者能够在其所覆盖的范围内移动。早期无线网络通常使用红外 (Infrared) 光。不过红外光本身有其限制, 容易受到墙壁、隔间以及其他办公室设备阻隔。而无线电波可以穿透大部分办公室设备, 提供较广的服务范围。因此, 市面上绝大多数的采用 802.11 协议的产品均采用无线电波作为物理层。

无线局域网 (WLAN) 能够方便地联网, 而不必对网络的用户管理配置进行过多的变动; WLAN 在有线网络布线困难的地方比较容易实施, 使用 WLAN 方案, 则不必再实施打孔、铺设缆线等作业, 因而不会对建筑设施造成任何损害。无线网络不受障碍物限制, 用于无线通信的介质为电磁波, 速率较高, 架设也很方便, 组网迅速。

3. Wi-Fi 是什么

Wi-Fi 联盟 (Wi-Fi Alliance) 是一家非营利性的全球行业协会, 拥有 300 多家成员企业, 共同致力于推动无线局域网 (WLANs) 产业的发展。它以增强移动无线、便携、移动和家用设备的用户体验为目标, Wi-Fi 联盟一直致力于通过其测试和认证方案确保基于 IEEE 802.11 协议的无线局域网产品的可互操作性。Wi-Fi 是 Wi-Fi 联盟制造商的商标, 可作为产品的品牌认证, 是一个建立于 IEEE 802.11 协议的无线局域网 (WLAN) 设备, 是目前应用最为普遍的一种短程无线传输技术。基于两套系统密切相关, 也常有人把 Wi-Fi 当做 IEEE 802.11 协议的同义词术语, 如图 1-1 所示。



图 1-1 Wi-Fi LOGO

1.2 IEEE 802.11 协议

无线技术使用电磁波在设备之间传送信息。802.11 协议是一套 IEEE (国际电子电气工程师协会) 标准, 该标准定义了如何使用免授权 2.4 GHz 和 5GHz 频带的电磁波进行信号传输。802.11 协议标准介绍见表 1-1。

表 1-1 802.11 协议标准介绍

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
工作频段	5GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz 和 5GHz	5GHz
信道数	最多 23	3	3	最多 14	最多 23
信道宽度	20MHz, 40MHz	20MHz	20MHz	20MHz, 40MHz	20MHz, 40MHz, 80MHz, 160MHz
调制技术	OFDM	DSSS	DSSS 和 OFDM	MIMO-OFDM	MIMO-OFDM MU-OFDM
数据流数				4	8
调制技术	64QAM	64QAM	64QAM	64QAM	256QAM
数据传输速度	<54Mbit/s	<11Mbit/s	<54Mbit/s	最高可达 600Mbit/s	可达 3.7Gbit/s
发布时间	1999 年	1999 年	2003 年	2009 年	2013 年 12 月

1. IEEE 802.11

IEEE 在 1997 年最初制定的一个无线局域网标准，主要用于解决办公室局域网和校园网中用户与用户终端的无线接入，业务主要限于数据存取，速率最高只能达到 2Mbit/s。

2. IEEE 802.11b

IEEE 802.11b 无线局域网的带宽最高可达 11Mbit/s，比 1997 年制定的 IEEE 802.11 标准快 5 倍，扩大了无线局域网的应用领域。另外，也可根据实际情况采用 5.5Mbit/s、2 Mbit/s 和 1 Mbit/s 带宽，实际的工作速率在 5Mbit/s 左右，与普通的 10Base-T 规格有线局域网几乎处于同一水平。作为公司内部的设施，可以基本满足使用要求。IEEE 802.11b 使用的是开放的 2.4GHz 频段，不需要申请就可使用。既可作为对有线网络的补充，也可独立组网，从而使网络用户摆脱网线的束缚，实现真正意义上的移动应用。

IEEE 802.11b 无线局域网与 IEEE 802.3 以太网的原理很类似，都是采用载波侦听的方式来控制网络中信息的传送。不同之处是以太网采用的是 CSMA/CD（载波监听多路访问 / 冲突检测）技术，网络上所有工作站都侦听网络中有无信息发送，当发现网络空闲时即发出自己的信息，如同抢答一样，只能有一台工作站抢到发言权，而其余工作站需要继续等待。如果有两台以上的工作站同时发出信息，则网络中会发生冲突，冲突后这些冲突信息都会丢失，各工作站将继续抢夺发言权。而 802.11b 无线局域网引进了 CSMA/CA 技术和 RTS/CTS（请求发送 / 清除发送）技术，从而避免了网络中发生冲突的可能，可以大幅度提高网络数据传输效率。

这里的 CSMA/CA 技术原理与正常情况下的 CSMA/CD 技术原理有所不同，其原理是站点在发送报文后等待来自接入点 AP（基本模式）或来自另外站点（对等模式）的确认帧（ACK）。如果在一定的时间内没有收到确认帧，则假定发生了冲突并重发该数据。如果站点注意到信道上有活动，则不发送数据。RTS/CTS 的工作方式与调制解调器类似，在发送数据之前，站点将一个请求发送帧 RTS 发送到目的站点，如果信道上没有活动，那么目的站点将一个清除发送帧 CTS 发送回源站点。这个过程称为“预热”其他站点，从而防止不必要的冲突。RTS/CTS 只用于特别大的报文和重发数据时可能出现严重带宽问题的场合。

3. IEEE 802.11g

与 IEEE 802.11a 相同的是，IEEE 802.11g 使用了正交频分复用（Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM）的模块设计。

OFDM 技术其实是多载波调制（Multi-Carrier Modulation, MCM）的一种。其主要思想是将信道分成许多正交子信道，在每个子信道上进行窄带调制和传输，这样减少了子信道之间的相互干扰。每个子信道上的信号带宽小于信道的相关带宽，因此每个子信道上的频率选择性衰落是平坦的，大大消除了符号间干扰。

无线数据业务一般都存在非对称性，即下行链路中传输的数据量要远远大于上行链路中的数据传输量。因此无论从用户高速数据传输业务的需求，还是从无线通信自身来考虑，都希望物理层支持非对称高速数据传输，而 OFDM 很容易通过使用不同数量的子信道来实现上行和下行链路中不同的传输速率。

由于无线信道存在频率选择性，所有的子信道不会同时处于比较深的衰落情况中，因此可以通过动态比特分配以及动态子信道分配的方法，充分利用信噪比高的子信道，从而提升系统性能。由于窄带干扰只能影响一小分子载波，因此 OFDM 系统在某种程度上能抵抗这种干扰。

OFDM 技术有非常广阔的发展前景，已成为第四代移动通信的核心技术。IEEE 802.11a/g 标准为了支持高速数据传输都采用了 OFDM 调制技术。目前，OFDM 结合时空编码、分集、干扰（包括码间干扰（ISI）和信道间干扰（ICI））抑制以及智能天线技术，最大程度提高了物理层的可靠性。如果再结合自适应调制、自适应编码以及动态子载波分配、动态比特分配算法等技术，则可以使其性能得到进一步优化。

IEEE 802.11g 的工作频段和 IEEE 802.11b 一致，这样一来，IEEE 802.11b 使用者所担心的兼容性问题得到了很好的解决。除了具备高传输率以及兼容性上的优势外，IEEE 802.11g 所工作的 2.4GHz 频段的信号衰减程度不像 IEEE 802.11a 的 5.8GHz 那么严重，并且 IEEE 802.11g 还具备更优秀的“穿透”能力，能适应更加复杂的使用环境。但是先天性的不足（2.4GHz 工作频段），使得 IEEE 802.11g 和它的前辈 IEEE 802.11b 一样极易受到微波、无线电话等设备的干扰。

4. IEEE 802.11a

802.11a 协议是 IEEE 802.11 工作组为 5GHz ISM 频段定义的 WLAN 物理层协议，采用 OFDM 方式。802.11a 中定义的 OFDM 方式支持 20MHz、10MHz 和 5MHz 的信道带宽，其中 20MHz 信道带宽的子载波数为 52，数据载波为 48，物理层速率最高可达 54Mbit/s。由于 IEEE 802.11a 工作在不同于 IEEE 802.11b 的 5.2GHz 频段，避开了当前微波、蓝牙以及大量工业设备广泛采用的 2.4GHz 频段，因此其产品在空中数据传输过程中所受到的干扰大为降低，抗干扰性较 IEEE 802.11b 更为出色。

与单个载波系统 802.11b 不同，802.11a 运用了提高频率信道利用率的 OFDM 多载波调制技术。由于 802.11a 运用 5GHz 射频频谱，根据需要，数据速率还可降为 48、36、24、18、12、9 或者 6Mbit/s。802.11a 拥有 12 条不相互重叠的频道，8 条用于室内，4 条用于点对点传输。因此它与 802.11b 或最初的 802.11WLAN 标准均不能进行互操作。

5. IEEE 802.11n

802.11n 标准具有高达 600Mbit/s 的速率，可提供支持对带宽最为敏感的应用所需的速率、范围和可靠性。802.11n 结合了多种技术，其中包括 Spatial Multiplexing MIMO (Multi-In, Multi-Out)（空间多路复用多入多出）、20MHz 和 40MHz 信道和双频带（2.4GHz 和 5GHz），以便形成很高的速率，同时又能与以前的 IEEE 802.11b/g 设备通信。多入多出（MIMO）或多发多收天线（MTMRA）技术是无线移动通信领域智能天线技术的重大突破。该技术能在不增加带宽的情况下成倍地提高通信系统的容量和频谱利用率，是新一代移动通信系统必须采用的关键技术。

802.11n 采用智能天线技术，通过多组独立天线组成的天线阵列，可以动态调整波束，保证让 WLAN 用户接收到稳定的信号，并可以减少其他信号的干扰。因此其覆盖范围可以扩大到好几平方千米，使 WLAN 移动性得到极大提高。

MIMO 是指无线网络信号通过多重天线进行同步收发，所以可以增加数据传输率。

网络资源通过多重切割之后，经过多重天线进行同步传送，由于无线信号在传送的过程中，为了避免发生干扰，会走不同的反射或穿透路径，因此到达接收端的时间会不一致。为了避免数据不一致而无法重新组合，接收端会同时具备多重天线接收，然后利用 DSP 重新计算的方式，根据时间差的因素将分开的数据重新组合，然后传送出正确且快速的数据流。

MIMO 中有 2 个相对迷惑的名词：MIMO links——描述一个无线设备（例如，无线 AP）传输数据到另外一个设备（例如，笔记本式计算机），决定传输最重要的因素就是无线 AP 的发送天线数量和笔记本式计算机无线网卡接收天线数量：如 2X1，意思就是无线 AP 的 2 个发送天线和笔记本式计算机的 1 个接收天线；MIMO devices——描述一个设备自身的发送和接收天线数量，例如，网络设备厂商的无线 AP 的参数中有 2X3，表示这个 AP 有 2 个发送天线和 3 个接收天线（无线 AP 的天线是都可以收发，并不是说一共有 5 根天线）。

由于传送的资料经过分割传送，不仅单一资料流量降低，可拉高传送距离，而且增加天线接收范围，因此 MIMO 技术不仅可以增加既有无线网络频谱的资料传输速度，而且又不用额外占用频谱范围，更重要的是，还能增加信号接收距离。所以不少强调资料传输速度与传输距离的无线网络设备，纷纷开始抛开对既有 Wi-Fi 联盟的兼容性要求，而采用 MIMO 的技术，推出高传输率的无线网络产品。

MIMO 技术是在上个世纪末美国的贝尔实验室提出的多天线通信系统，在发射端和接收端均采用多天线（或阵列天线）和多通道。因此今天看到的 MIMO 产品多数都不只一根天线。MIMO 无线通信技术的概念是在任何一个无线通信系统，只要其发射端和接收端均采用了多个天线或者天线阵列，就构成了一个无线 MIMO 系统。MIMO 无线通信技术采用空时处理技术进行信号处理，在多径环境下，无线 MIMO 系统可以极大地提高频谱利用率，增加系统的数据传输速率。MIMO 技术非常适用于室内环境下的无线局域网系统。

OFDM 是一种无线环境下的高速传输技术。无线信道的频率响应曲线大多是非平坦的，而 OFDM 技术的主要思想就是在频域内将给定信道分成许多正交子信道，在每个子信道上使用一个子载波进行调制，并且各子载波并行传输。这样，尽管总的信道是非平坦的，具有频率选择性，但是每个子信道是相对平坦的，在每个子信道上进行的是窄带传输，信号带宽小于信道的相关带宽，因此就可以大大消除信号波形间的干扰。由于在 OFDM 系统中各个子信道的载波相互正交，于是它们的频谱是相互重叠的，这样不但减小了子载波间的相互干扰，也提高了频谱利用率。

6. IEEE 802.11ac

IEEE 802.11ac 是一个 802.11 无线局域网（WLAN）通信标准，它通过 5GHz 频带（也是其得名原因）进行通信。理论上，它能够提供最少数 1Gbit/s 带宽进行多站式无线局域网通信，或是最少数 500Mbit/s 的单一连接传输带宽。

802.11ac 是 802.11n 的继承者。它采用并扩展了源自 802.11n 的空中接口（Air Interface）概念，包括：更宽的 RF 带宽（提升至 160MHz），更多的 MIMO 空间流（Spatial streams）（增加到 8），多用户的 MIMO，以及更高阶的调制（Modulation）（达到 256QAM）。

802.11ac 工作在 5.0GHz 频段上以保证向下兼容性，但数据传输通道会大大扩充，在