

数字移动通信技术丛书

无线局域网

郭 峰 曾兴雯 编著
刘乃安 马义广



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.co.cn>

数字移动通信技术丛书

无线局域网

郭峰 曾兴雯 编著
刘乃安 马义广

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书主要阐述无线局域网的理论与实践,除了必要的原理性分析之外,兼顾实现技术与应用技术的论述。全书共十一章,分别讲述无线局域网的协议体系、媒体访问控制协议、信道编码技术、室内无线信道特性分析、天线技术、Internet 与移动计算网络、无线局域网在计算机网络中的应用等内容。

本书可作为通信与计算机网络领域的科研及工程技术人员、大专院校有关专业师生的参考书。

丛 书 名:数字移动通信技术丛书

书 名:无线局域网

编 著 者:郭 峰 曾兴雯 刘乃安 马义广

责任编辑:史明生 祖振升

排版制作:电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者:北京科技大学印刷厂印刷

装 订 者:三河市金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社出版、发行 URL:<http://www.phei.co.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036 发行部电话 68214070

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印张:16 字数:400 千字

版 次:1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

印 数:8000 册

书 号:ISBN 7-5053-3963-X
TN·1041

定 价:20.00

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻版必究

出 版 说 明

二十世纪的最后十年,移动通信特别是数字移动通信发展之快和应用之广,大大超出了人们的预料和专家的预测。移动通信的产品和它向社会提供的各种服务已是家喻户晓。为了满足社会各界和广大通信技术人员系统学习和掌握这些新技术的需要,电子工业出版社通信与网络编辑部约请富有经验的通信专家和技术人员,编写了这套《数字移动通信技术丛书》,相继出版。

这套丛书的特点是力求内容的先进性、实用性和系统性。丛书从我国通信技术应用现状与发展情况出发,以系统与技术为中心,系统地介绍基本原理和系统结构、系统体制和技术指标、协议和信令、接口和组网技术、典型设备和工程设计,以及新技术和新设备。丛书理论性与工程实践性紧密结合,内容丰富、深入浅出、层次清楚、深浅适宜、详简得当。丛书旨在引导读者将移动通信的原理、技术与应用有机结合。

这套丛书的主要读者对象是广大从事通信技术工作的工程技术人员,也适合大专院校通信、计算机等学科各专业在校师生和刚走上工作岗位的毕业生阅读参考。

在编辑出版这套丛书的过程中,参与编写、审定的各位通信专家都付出了大量心血,对此,我们表示衷心感谢。欢迎广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议,以便我们今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术图书。

电子工业出版社

1997年5月

《数字移动通信技术丛书》编审委员会

主 编：鞠 枫

委 员：(以姓氏笔划为序)

丁 瑾 马义广 王 青

刘乃安 张乃通 李小白

李承恕 李英涛 张中兆

吴文昱 杨永宁 陆冰霞

沈思源 宋俊德 杜振民

赵荣黎 郭 峰 曾兴雯

前 言

近年来以局域网为代表的计算机通信网和以数字蜂窝电话网为代表的移动通信网大放异彩,在人们生活的各个领域发挥着越来越重要的作用。随着人们对通信的需求不断提高,各种各样的通信产品不断涌现,而这些产品的整体性能,包括可靠性、灵巧性、多功能、低价格等指标也不断提高。这些实用系统的成功以及相关技术的进步使得从事通信系统研究的科研人员们提出了“个人通信服务”与“个人通信网”的梦想。所谓个人通信,指不论是谁、不论在何处和不论什么时候,都能和希望联系的人进行包括通话、传真、数据乃至视象在内的多业务通信。

可是,如何实现个人通信的梦想呢?

从终端用户的角度考虑,数字蜂窝电话系统、寻呼系统、无线本地环系统、数字无绳电话系统、专用移动通信系统、无线局域网等都含有个人通信的影子,但离个人通信的要求还差之甚远。

90年代初,无线局域网技术的不断成熟导致了“移动计算网络”或“游牧计算网络”概念的出现。移动计算网络指主机可在网中漫游的计算机网络,它把局域网的高数据速率与移动通信系统的漫游功能有机地揉为一体。移动计算网络中的漫游不仅指单个主机的漫游,也包括整个子网的漫游。例如,在汽车、飞机等运载工具中的计算机网络随运载工具在网中漫游的同时可保持与外部网络的通信连接。局域网的高数据率可使移动计算网络容易地支持包括通话、传真、寻呼信息、高速数据、视象在内的多媒体业务,而移动通信的灵活性可使移动计算网络能够满足个人通信的其它要求。或许移动计算网络将发展成为个人通信网络?至少它是个人通信网的重要组成部分。

无线局域网是实现移动计算网络的关键技术之一,它实现移动计算网络中移动站的物理层与链路层功能,为移动计算网络提供必要的物理网接口。

本书主要阐述无线局域网的理论、实现与应用。除了必要的原理性分析之外,兼顾实现技术与应用技术的论述。全书由11章组成。前三章概述局域网及无线局域网的基础知识,给出无线局域网的体系结构并指出其关键技术。第四章论述适宜于无线通信环境的媒体访问控制协议,介绍IEEE 802.11无线局域网的媒体访问控制协议DFWMAC。第五、六、七、八章叙述无线局域网的物理层内容,分别讲述扩展频谱调制等信道编码技术、室内无线信道特性分析及天线技术。第九章介绍TCP/IP网络层协议与计算机网络尤其是校园网的构筑方法,讨论无线局域网在校园网等现有计算机网络中的应用。第十章讲述移动计算网络的概念及有关漫游的协议。第十一章概述无线局域网的产品现状,给出现有典型产品的实际使用方法与网络性能评估结果。

本书作者长期从事计算机网络与无线通信方面的研究与教学工作,曾于1994年3月与日本康泰克公司合作研制成功了我国第一套无线局域网样机。可以说本书中的许多内容是作者及其课题组长期研究工作的体会与结晶。本书由郭峰主编,并编写了第1~4章和第9~11章。曾兴雯编写了第5、6章,马义广编写了第7章与第6章的第6节,刘乃安编写了第8章。

在本书的编写过程中,得到了西安电子科技大学综合业务网理论与关键技术国家重点实验室樊昌信教授、刘增基教授、李建东教授、丁泉龙博士等许多同事的支持与帮助,该实验室移动计算网络课题组的各位同事与研究生们为本书的编写提供了大量帮助,在此一并向他们表示感谢。

感谢日本康泰克公司吉永良先生多年来的宝贵支持,正是由于他的大力支持使得作者能够进入无线局域网的研究领域。

最后感谢我们的妻子与家人在本书编写过程中给予的支持与理解。

本书得到国家自然科学基金项目 No.69402008 的支持。

作 者

1996年3月于西安电子科技大学

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 无线计算机通信的历史及现状	(2)
一、大型机联网阶段	(2)
二、微型机联网阶段	(2)
三、移动计算网络阶段	(4)
第三节 无线局域网的特点	(7)
一、无线局域网的概念	(7)
二、传输方式	(7)
三、网络拓扑	(8)
四、网络接口	(8)
五、对移动计算网络的支持	(9)
六、无线局域网的应用环境与技术要求	(9)
第四节 有关无线局域网的标准化活动	(11)
一、有关无线局域网的电波法规	(11)
二、无线局域网的标准化活动	(12)
第五节 小结	(12)
参考文献	(13)
第二章 局域网基础	(14)
第一节 局域网的特征	(14)
一、局域网的应用环境	(14)
二、局域网的拓扑结构	(15)
三、局域网的传输媒体	(16)
四、局域网的 MAC 协议	(17)
第二节 OSI 参考模型及局域网标准协议体系	(17)
一、OSI 参考模型简介	(17)
二、局域网的标准协议体系	(18)
三、IEEE 802 协议体系	(20)
第三节 IEEE 802.3 局域网的原理与实现	(20)
一、IEEE 802.3 局域网	(20)
二、CSMA/CD 媒体访问控制协议	(21)
三、IEEE 802.3 MAC 帧格式	(22)
四、节点地址	(23)
五、IEEE 802.3 网卡的实现	(23)
第四节 局域网互连	(31)
第五节 小结	(33)
参考文献	(34)

第三章 无线局域网的构成及功能要求	(35)
第一节 无线局域网的组成	(35)
一、概述	(35)
二、BSA 的构成	(36)
三、BSA 间干扰	(37)
四、站的移动	(37)
第二节 无线局域网的协议体系	(38)
一、概述	(38)
二、无线局域网的物理层	(38)
三、无线局域网的 MAC 协议	(39)
第三节 无线局域网的功能要求	(40)
第四节 小结	(41)
参考文献	(42)
第四章 局域网的媒体访问控制协议	(43)
第一节 概述	(43)
一、复用与多址接入	(43)
二、多址接入信道模型	(44)
三、有关多址接入的几个重要性能指标	(46)
第二节 Aloha 协议	(48)
一、纯 Aloha	(48)
二、时隙 Aloha 协议	(50)
第三节 CSMA 协议	(53)
一、CSMA 协议的工作原理	(54)
二、非持续型 CSMA	(55)
三、持续型 CSMA	(55)
四、Aloha 与各种 CSMA 的性能比较	(57)
第四节 适用于无线传输媒体的 MAC 协议	(57)
一、CSMA/CA	(59)
二、BTMA	(60)
三、ISMA	(61)
第五节 IEEE 802.11 的媒体访问控制协议 DFWMAC	(61)
一、DFWMAC 概述	(62)
二、DFWMAC 的帧结构	(62)
三、CSMA/CA 与 DCF	(66)
四、中心网控方式 PCF	(68)
五、网同步	(70)
六、节能管理	(71)
第六节 小结	(71)
参考文献	(72)
第五章 调制及信道编码技术	(74)
第一节 引言	(74)
第二节 数字调制与解调	(74)

一、相移键控	(75)
二、正交相移键控	(75)
三、多电平 PSK 系统	(76)
四、频移键控	(77)
五、各种调制方式的频谱特性	(79)
六、误码率	(79)
七、频带受限情况下的数字信号的传输	(81)
八、结论	(81)
第三节 均衡	(82)
一、线性横向均衡器	(82)
二、判决反馈均衡器	(82)
三、最大似然序列估计器	(83)
第四节 编码	(83)
一、分组码	(84)
二、卷积码	(84)
三、码的交织和链接码	(85)
第五节 载波恢复和位同步	(86)
一、载波恢复	(86)
二、位同步	(88)
第六节 自动增益控制	(90)
第七节 小结	(91)
参考文献	(92)
第六章 无线局域网中的扩展频谱技术	(93)
第一节 引言	(93)
第二节 直接序列扩频	(94)
一、直扩系统的组成	(94)
二、处理增益与干扰容限	(95)
三、扩频系统的伪随机码	(96)
四、软扩频技术	(98)
五、直扩系统的同步	(99)
第三节 跳频	(100)
一、跳频系统的组成	(100)
二、跳频图案	(101)
三、频率合成器	(102)
四、跳频系统的同步	(103)
第四节 性能比较	(104)
第五节 混合扩频系统	(107)
第六节 采用单片扩频处理芯片 Stel-2000A 的直扩系统	(108)
一、Stel-2000A 芯片介绍	(108)
二、采用 Stel-2000A 的直扩系统设计	(118)
第七节 采用 SAWTDL 的直扩系统	(120)
一、声表面波器件	(120)

二、声表面波抽头延迟线	(122)
三、声表面波抽头延迟线匹配滤波器	(123)
四、声表面波抽头延迟线解扩解调器	(124)
五、用声表面波抽头延迟线实现系统的快速同步	(128)
六、带固定延迟线的声表面波抽头延迟线	(131)
七、频率偏移对相关峰的影响	(133)
第八节 小结	(135)
参考文献	(136)
第七章 无线信道特性分析	(137)
第一节 引言	(137)
第二节 多径衰落信道的统计特性和信道模型	(138)
一、信道冲击响应的统计分析	(138)
二、非频率选择性慢衰落信道模型	(146)
三、频率选择性慢衰落信道模型	(148)
第三节 多径衰落信道中数字传输系统的设计考虑	(149)
一、单衰落信道中的误码率特性	(150)
二、多径衰落信道的分集技术	(151)
三、多径衰落信道下的编码与交织技术	(156)
四、自适应均衡技术	(157)
第四节 室内无线信道的特征	(158)
一、衰落特征	(158)
二、路径损耗	(158)
第五节 小结	(159)
参考文献	(160)
第八章 无线局域网的天线系统	(161)
第一节 引言	(161)
第二节 简单天线	(162)
一、线天线	(162)
二、缝隙天线	(164)
三、微带天线	(165)
第三节 方向性天线	(169)
一、八木天线	(170)
二、对数周期天线	(172)
三、角反射器天线	(174)
四、抛物面天线	(175)
第四节 分集接收	(176)
一、分集方式	(177)
二、分集接收的合并方式	(178)
三、分集接收的性能	(180)
四、天线分集举例	(182)
第五节 室内环境对天线系统的影响	(184)
第六节 小结	(186)

参考文献	(187)
第九章 Internet 与 TCP/IP	(188)
第一节 局域网与上层协议的关系	(188)
第二节 Internet 概述	(188)
一、Internet 的现状	(189)
二、Internet 使用的协议	(189)
三、Internet 的构成	(190)
四、IP 地址	(191)
五、主机名与域名	(191)
六、路由控制	(192)
第三节 CERNET 与校园网	(192)
一、CERNET 简介	(192)
二、校园网的构成	(193)
三、校园网接入 Internet	(194)
四、校园网的安全防护	(196)
第四节 TCP/IP 协议	(197)
一、TCP/IP	(197)
二、网间协议 IP	(198)
三、网间控制信息协议 ICMP	(200)
四、地址解析协议 ARP 及逆地址解析协议 RARP	(202)
五、传输控制协议 TCP 与用户数据报协议 UDP	(204)
第五节 小结	(206)
参考文献	(207)
第十章 移动计算网络	(208)
第一节 移动计算网络的组成	(208)
一、网络构成	(208)
二、移动透明性	(209)
三、举例:散步与漫游	(209)
四、实现移动计算网络的若干考虑	(210)
第二节 VIP 协议	(210)
一、虚拟网的概念	(210)
二、VN 地址与 PN 地址的变换	(212)
三、主机漫游与分组的发送	(212)
四、VIP 的欠缺	(213)
第三节 IETF 的漫游协议	(213)
一、Mobile IP 工作组简介	(213)
二、Mobile IP 网络结构	(214)
三、Mobile IP 原理	(215)
第四节 小结	(216)
参考文献	(217)
第十一章 无线局域网的应用	(219)
第一节 无线局域网产品一览	(219)

一、概述	(219)
二、无线局域网产品一览	(219)
第二节 Altair	(225)
第三节 WaveLAN	(226)
第四节 无线局域网在校园网中的应用	(227)
一、无线组网的特点	(227)
二、校园网中的无线组网选择	(228)
三、支持移动计算的校园网络	(229)
第五节 无线局域网的网络性能	(230)
一、西电研制的无线局域网性能	(230)
二、Data Comm 杂志的测试结果	(232)
三、Nikkei Comm 杂志的测试结果	(233)
四、无线局域网用于室外点对点局域网互连的性能	(235)
第六节 小结	(237)
参考文献	(238)

第一章 概 述

本章概述无线局域网的发展历史及其相关的背景知识,给出无线局域网的技术特点,并简介无线局域网的标准化活动。

第一节 引 言

20世纪80年代,可以说是计算机有线局域网发展与普及的年代。简单地讲,有线局域网指用电缆线或光纤把局部区域内(几米~几公里)的大型计算机、工作站、微机相互连接起来,并完成计算机间的数据传输与资源共享。据国外统计机构的数据表明,1994年,仅美国已联入局域网的微机已达一千二百万台,安装的局域网达八十四万个,并且,已有61%的局域网联入公共网。我国局域网的使用虽然滞后发达国家,但到80年代末期,已开始普及使用。据1994年的调查估计,我国微机装机量达一百四十五万台,其中联入局域网的有三十万台,并且每年都以两位数的速率高速增长。可以说,局域网已成为提高工作效率及生产率的不可缺少的工具。

80年代局域网的代表可以列举满足IEEE 802.3 10BASEx的以太网。以太网的数据速率为10Mbps,采用双绞线、电缆线及光纤做为传输媒体。可以说,这种网络能够满足一般的工业自动化及办公自动化环境要求。然而这些有线局域网也存在许多不足,例如:

(1) 传输速率仍不够高

在许多环境下,要求传输、处理多媒体信息,这种应用环境要求局域网具有高达几百Mbps甚至几Gbps的传输速率;

(2) 布线繁琐,办公室电缆线泛滥

在高度信息化社会,办公室成为信息网络系统的末梢。在办公室内,各种网络系统共存,必将出现电缆线的“洪水”;

(3) 无法从移动体访问局域网

为了克服以上问题,人们开始为提高传输速率、支持可移动性方面着手寻找突破口来研制将来的局域网。在提高传输速率方面,局域网正沿以太网→FDDI(光纤分布式数据接口)→快速以太网(具有100Mbps传输速率)→ATM局域网方向发展。最近出现的ATM(异步传输模式)局域网可支持几十Mbps、几百Mbps甚至几Gbps的传输速率,目前被认为是高速局域网的有力竞争者。

做为局域网的另一个发展方向,是支持具有移动计算能力的无线局域网。所谓移动计算,指网络中的站可在网中漫游同时保持与网络通信。无线局域网除了保持现有局域网高速率的特点之外,采用无线电或红外线做为传输媒体,无须布线即可灵活地组成可移动的局域网。

本书将论述无线局域网的理论与实践。

第二节 无线计算机通信的历史及现状

无线局域网是计算机间的无线通信网络,因此,我们有必要了解一下无线计算机通信的发展历史及其现状。无线通信的历史非常悠久,但无线计算机通信的历史却并不长,尤其是充分发挥无线通信的“可移动”特点的无线计算机通信则是近 10 年来才出现的事情。而所谓的“移动计算网络”或“游牧计算网络”更是最近几年才出现的概念。本节将从计算机技术的发展过程来回顾一下无线计算机通信的历史,并对其现状做简要介绍。

我们先看一看在计算技术发展的各个阶段计算机的典型应用形态。

第一阶段(50~60 年代):庞大的低性能计算机;

第二阶段(70 年代):配置大量时分终端的大型计算机;

第三阶段(80 年代):桌上型微机、工作站;

第四阶段(90 年代):功能强大的便携式计算机。

无线计算机通信的发展与以上所述计算机的应用形态密切相关,大致可分为三个阶段。即,大型机联网阶段,这对应以上第一、二阶段;微型机联网阶段,对应以上第三阶段;移动计算网络阶段,对应以上第四阶段。

一、大型机联网阶段

在这个时期,计算机通信主要表现在两个方面,一是大型计算机用户终端与其主机的信息交换,二是大型计算机间通信以实现资源共享。这时的计算机通信大都采用电缆线做为传输媒体。即使是无线通信也仅仅是用无线媒体替代电缆线,用以克服由于地理环境而造成的布线困难。夏威夷大学 1970 年投入运行的 AlohaNet 是这个时期无线计算机通信的典型例子。

夏威夷群岛由包括 Oahu, Maui, Hawaii 等在内的几个岛屿组成。夏威夷大学共有 10 个校地,主校地位于 Oahu 岛,其它校地分别散布在不同的岛屿。为了使其它岛屿的计算机和用户终端能够共享主校地的大型计算机,需要构筑一个通信网络把这些用户终端与计算机联入主校地的大型计算机。从网络的业务需求和实现费用角度考虑,采用无线电作为传输媒体在当时的情况下无疑是最佳的选择。图 1.1 示出了 AlohaNet 的网络构成。该网主要完成远程终端与主机间的数据交换,图中 TCU 表示终端控制单元,PCU 表示可编程控制单元。AlohaNet 属有中心网络拓扑,设置有上行和下行两个广播信道。主机的数据经下行信道发往各个用户终端。当计算机用户终端欲送数据至主机时,终端使用被称为 Aloha 的信道接入协议把数据经上行信道发往 AlohaNet 中心站,再由该中心站送到主机。上行与下行信道分别使用 407.35MHz 与 413.475MHz 频段,数据传输速率为 9.6kbps。

二、微型机联网阶段

由于桌上型微机及工作站的广泛使用,服务于这些计算机的无线网络是本阶段的特征。这个时期的典型代表可以列举无线分组交换网和初期的无线局域网。图 1.2 绘出了一种无线分组交换网的构成图。网中主要有三种节点:数据终端 T、中转节点 R、及中心节点 C。数据终端由无线分组适配器、微机或其它智能设备组成。中转节点对收到的分组进行存储转发及路由处理,主要用于扩大终端至中心节点的通信范围。中心节点完成各终端间的分组转接及本地无线分组网同其它网络的接口。

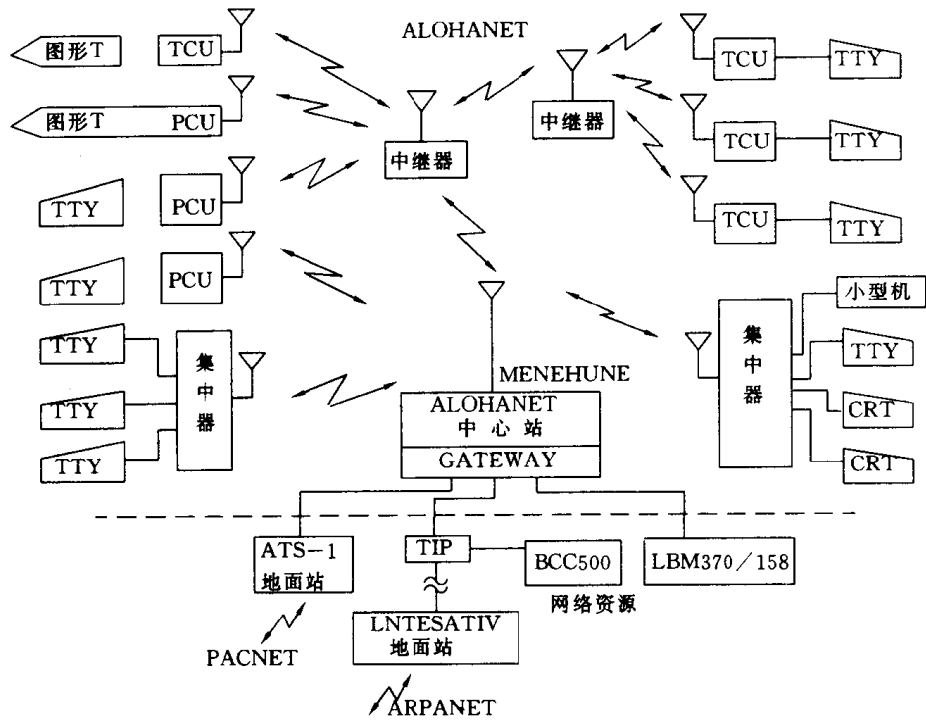


图 1.1 ALOHNET 的网络构成

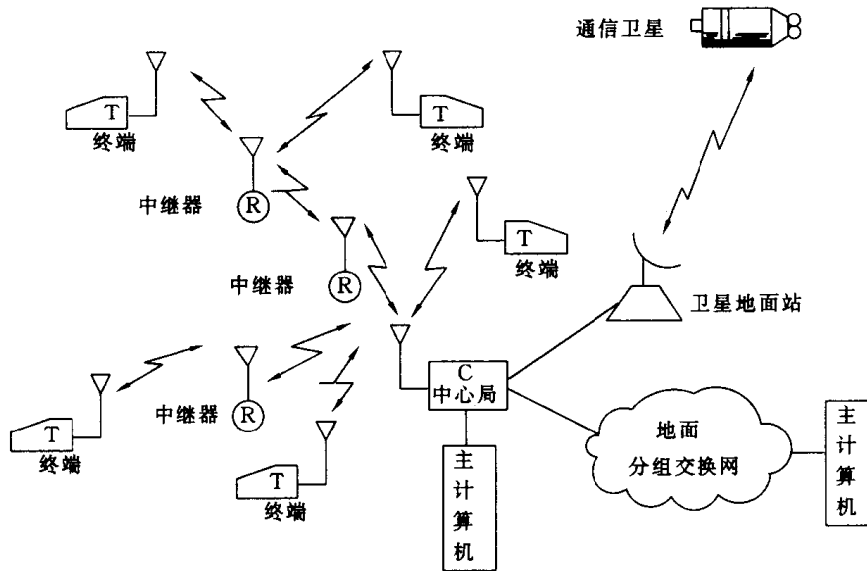


图 1.2 无线分组交换网构成图

无线分组交换网也可采用无中心拓扑结构、使用分布式信道接入协议及分布式路由与流量控制策略。这时，网中只需两种节点：数据终端 T 和中转节点 R。中转节点对收到的分组进行包括路由选择、流量控制等在内的存储转发处理。数据终端除了发送与接收分组之外，也担负中转节点的部分功能。

图 1.3 是初期无线局域网的一个网络构成图，这是该时期无线计算机通信的另一个典型例子。这种无线局域网使用无线电做为总线式广播信道，网中的站采用随机竞争类信道接入协议（例如载波监测多址接入协议 CSMA）访问信道。网络的覆盖范围一般在几米~几百米之间，数据传输速率在几百 kbps~几 Mbps。对用户来讲，除了数据速率稍低之外，这种无线局域

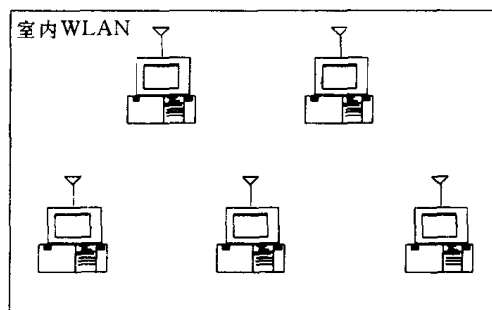


图 1.3 初期的无线局域网构成图

网与普通的有线以太网没有什么区别,它的优点是无须布线、安装方便,且网中的站可在覆盖范围之内移动。采用无线电媒体的无线局域网一般选用微波频段。无线局域网是本书的主要内容,详细内容将在后面章节叙述。

三、移动计算网络阶段

在上述两个阶段无线计算机通信有个共同的特征:采用无线媒体仅是为了克服地理障碍,或是为了免去布线的繁琐,使网络安装简单、使用方便,而网中节点的移动能力并不重要。然而,进入 90 年代后随着功能强大的便携式计算机的普及使用,人们需要在其办公室以外的地方使其随身携带的便携机仍然能够保持接入其办公室的局域网,或能够访问其它公共网络。这样,支持移动能力的计算机网络或称移动计算网络越来越重要。

从理论上讲,实现移动计算网络的方法很多,但目前主要有四条途径。第一条途径是直接利用现有的模拟或数字蜂窝电话网、微蜂窝无绳电话网传送计算机数据。其次是建立专用的移动分组交换网。第三条途径是在现有的蜂窝电话网络上建立面向便携机应用的数据分组交换网。最后一个途径是从无线局域网过渡到移动计算网络。下面我们叙述这几种途径的实现方法。

1. 直接利用蜂窝电话网

图 1.4 绘出了直接利用现有模拟或数字蜂窝电话网传送计算机数据的示意图。图中,在某一小区中的笔记本计算机经一调制解调器(Modem)与蜂窝电话网的手机相连接,手机把调制后的数据发往本小区的基站,再经由移动交换中心访问网中的其它计算机。这里,手机被作为笔记本计算机的无线收发机来使用,整个通信过程如同打电话一样。由于手机是网中的移动站,故笔记本计算机连同其手机可在网中漫游并保持与网中其它计算机的通信。

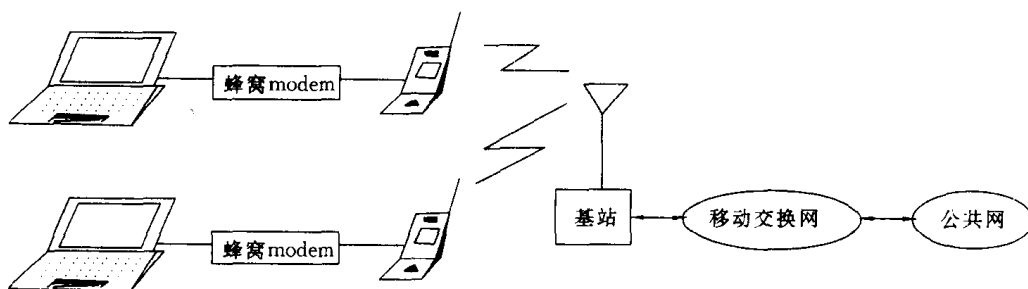


图 1.4 直接利用现有的蜂窝电话网传送计算机数据

这种方法的特点是网络覆盖范围广,只要能用手机通话的地方即可接入蜂窝电话网传送数据,一般可提供几 kbps~十几 kbps 的数据速率。但与专用的数据分组网相比,可靠性差,不适宜传送突发数据。

2. 由专用移动分组交换网实现移动计算网络

图 1.5 是这种途径的网络构成图。这种网络的构成与蜂窝电话网基本相同,所不同的是它是专用的数字分组交换网。笔记本计算机可通过一专用的无线适配器接入网络。这种分组