

现代通信网络技术丛书

通信网 新技术

◎ 王承恕 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代通信网络技术丛书

通信网新技术

王承恕 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

通信网新技术/王承恕编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.1
(现代通信网络技术丛书)

ISBN 7-115-13779-X

I. 通... II. 王... III. 通信网 IV. TN915
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 088672 号

内 容 提 要

本书是一本专门介绍通信网新技术发展的科技图书, 书中对目前正在开发和即将进行应用的各种通信网新技术作了全面而系统的概要性介绍, 并对各种技术的长处及不足进行了分析, 给出了通信网技术今后的主要应用和发展的方向。本书主要内容包括: 通信网基础概念、有线通信网——光通信网络、城域网、下一代无线通信网、下一代因特网——IPv6 因特网、无线局域网 (WLAN)、卫星 IP 网以及三网合一。

本书内容的特点是新颖而通俗易懂, 尤其是注意突出具有实用价值的通信网新技术, 非常适合作为我国通信行业的各种技术层次的技术人员、管理人员以及各类信息通信技术学院的师生了解通信网新技术的发展和前景, 学习和掌握新技术知识的参考书籍。

现代通信网络技术丛书

通信网新技术

-
- ◆ 编 著 王承恕
责任编辑 王小明
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
河北涞水华艺印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.25
字数: 490 千字
印数: 1~4 000 册
 - 2006 年 1 月第 1 版
2006 年 1 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-13779-X/TN · 2536

定价: 39.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

前 言

在人类迈进 21 世纪的时候，对预测全球未来走向起着关键性作用的信息技术，正以史无前例的速度发展着，并正在进入网络技术革命的冲刺阶段。不管各个国家采取什么发展模式，网络技术的发展都将起到十分重要的作用。21 世纪的网络技术，将对社会产生深远的影响。在追赶时代前进步伐的时候，人们会怎么思考网络问题呢？又该怎么行动呢？采取什么样的发展模式，如何利用它为人类带来更大的益处？这些都是大家普遍关注的问题。现在，虽然人们已经提出了许多新观点并产生了大量新技术，但总的情况还没有完全定局，技术还在不断发展创新。本书介绍了许多新的网络技术，供大家讨论和参考。这些网络技术有一些正在实施，但是，绝大部分还并没有进入实用阶段。就是开始进入实用阶段的网络技术，也并不一定就代表了其发展方向。因为，对于公共网络来说，不仅仅只看其技术的先进程度，还要考虑到建设的难易、运营情况、用户的接受能力等许多因素，尤其要考虑网络技术的发展方向和技术对网络的适应程度，当然，更不能脱离人的认知程度和实际客观条件。也许有一些技术本身代表了发展方向，可是在现阶段实施它却是无能为力的；有一些技术本身不代表发展方向，可是在现阶段确是很热的，“小灵通”算是一个典型例子。所以，本书所讨论的内容并不能全代表网络的发展方向。

预测未来往往是一件出力而不讨好的事情，任何讨论未来的行为，本质上都是有一定风险的。不过大家已经认识到，无论是从地球现有资源看，还是从历史传统看，或者从现在的全球发展环境出发，每一个国家都无法完全复制哪一种技术或模式，而必须找到一条既符合科学发展规律，又适合现实情况的好办法。当然，通信网络并非其他技术，它是在统一规则下发展的全球覆盖技术，不能各搞一套。即使各搞一套，为了实现全球通信，也要实行技术转换，以实现其互连互通。通信网技术还在不断发展更新，网络理论和技术都在飞快地进步，我们大家应当共同努力，促进通信网的进一步发展。

作 者

2005.4

目 录

第 1 章 通信网基本概念	1
1.1 通信网链路	1
1.1.1 有线链路——光纤信道简介	1
1.1.2 无线链路简介	2
1.2 下一代网络	5
1.2.1 下一代网络体系结构	5
1.2.2 NGN 与软交换	7
1.3 IP 标准研究	16
1.3.1 IP 网络总体框架	16
1.3.2 IP 网络能力	17
1.3.3 IP VPN	18
1.3.4 IP 网络的流量控制与拥塞控制	18
1.3.5 MPLS OAM	18
1.3.6 IP 网络性能	19
1.3.7 其他	19
第 2 章 有线通信网——光通信网络	20
2.1 引言	20
2.1.1 光电子器件技术	20
2.1.2 光纤技术	21
2.1.3 光复用技术——SDH 技术、波分复用 (WDM) 技术	22
2.1.4 CWDM 系统	25
2.1.5 光网络技术——波分复用系统的网络化	27
2.2 光传送网	28
2.2.1 光传送网 (OTN) 的特点与标准	28
2.2.2 全光传送网	29
2.3 光路交换光网络	33
2.3.1 概念	33
2.3.2 光路交换光网络的构成及功能	34
2.4 光因特网 (光 Internet)	34
2.4.1 光因特网传送技术	35
2.4.2 IP over WDM	39
2.5 智能光因特网	45
2.5.1 概述	45
2.5.2 智能光网络结构及功能	45
2.5.3 智能光网络路由协议	48

2.5.4	构建新一代智能光网络的策略	51
2.5.5	ITU 有关智能光传送网的 5 类建议	53
2.5.6	新一代的业务提供商	53
2.6	全光网	54
2.6.1	概述	54
2.6.2	理想全光网构成	55
2.6.3	光交换/光路由	55
2.6.4	全光网结构	61
2.6.5	网络管理系统	62
2.6.6	全光网的去向	62
2.7	量子因特网	70
2.7.1	量子因特网的概念	70
2.7.2	实现量子因特网的理论与实验	71
2.7.3	量子因特网的研究现状	72
2.8	从电联网到光联网	72
2.9	光网络的生存性概述	72
2.9.1	网络生存性实现原理	73
2.9.2	网络拓扑保护技术	73
2.9.3	复用方式中的生存性	74
2.9.4	光网络生存性技术的发展	74
2.9.5	光网络生存性技术展望	75
2.10	方案举例及专家预言	76
第 3 章	城域网	79
3.1	引言	79
3.1.1	概述	79
3.1.2	城域网定义	81
3.1.3	构建城域网的基础技术	81
3.1.4	宽带 IP 网络技术的三个发展阶段	82
3.1.5	IP 网与光网络整合	83
3.1.6	PoS 与以太网自愈技术	83
3.2	城域网结构	84
3.3	城域网技术	84
3.3.1	IP 城域网技术	84
3.3.2	城域以太网技术	85
3.3.3	光城域网技术	86
3.4	光以太城域网	93
3.4.1	光以太城域网的结构	93
3.4.2	以太网业务	93
3.5	弹性分组环 (RPR) 技术	95

3.5.1	概述	96
3.5.2	RPR 原理	96
3.5.3	RPR 的技术特点	97
3.5.4	举例: OM3500 型 RPR	97
3.6	城域网多业务环 (MSR) 技术	98
3.6.1	概述	98
3.6.2	PoS (IP over SDH)	99
3.6.3	城域网多业务环 (MSR)	101
3.7	QoS	106
3.7.1	QoS 的分层实现	106
3.7.2	IP 语音时延及解决方法	108
3.8	城域网发展趋势	109
3.8.1	多业务宽带城域网	109
3.8.2	CWDM 城域网	110
3.9	城域网方案举例	112
3.9.1	光城域网	112
3.9.2	以太城域网	119
第 4 章	下一代无线通信网	124
4.1	概述	124
4.2	下一代无线通信网	125
4.3	下一代因特网 (NGI)	125
4.3.1	下一代因特网的概念	125
4.3.2	下一代无线网的先进自适应协议	126
4.3.3	下一代因特网特征	129
4.3.4	NGI 骨干网的其他翻新	129
4.4	下一代无线蜂窝网	136
4.4.1	无线蜂窝网	136
4.4.2	多载波系统	140
4.4.3	正交频分复用 (OFDM)	140
4.4.4	正交频分多址 (OFDMA)	150
4.4.5	Flash-OFDM	159
第 5 章	下一代因特网——IPv6 因特网	164
5.1	概述	164
5.2	IPv6 地址体系结构	167
5.2.1	IPv6 地址的表示法	168
5.2.2	IPv6 地址管理	169
5.3	IP 传输机制	171
5.4	IPv6 头标	173
5.4.1	IPv6 的基本头标	173

5.4.2	IP 扩展头标	176
5.5	IP 安全体系	178
5.6	QoS	181
5.7	因特网移动接入	183
5.7.1	移动 IP 简介	183
5.7.2	移动 IP 的工作原理	188
5.7.3	移动 IP 的特点及网络构成	189
5.7.4	路径优化	190
5.7.5	安全性	191
5.7.6	移动 IPv6	192
5.7.7	移动 IP 扩展	192
5.7.8	基于 ATM 的移动 IP	193
5.8	IPv6 网	194
5.8.1	IPv6/IPv4 双协议栈技术	195
5.8.2	隧道技术	196
5.8.3	纯 IPv6 节点与纯 IPv4 节点互通技术	197
5.9	我国的因特网	202
第 6 章	无线局域网 (WLAN)	206
6.1	概述	206
6.1.1	WLAN 综述	206
6.1.2	WLAN 应具备的主要特点	207
6.2	WLAN 体系结构	208
6.3	MAC 子层功能及传输原理	209
6.3.1	MAC 子层的功能	209
6.3.2	MAC 子层传输原理	209
6.4	物理层协议	210
6.5	WLAN 网络容量	211
6.5.1	WLAN 网络容量	211
6.5.2	VoIP 规划	213
6.6	WLAN 的安全问题	215
6.7	几个实例	218
6.8	无线局域网中的 OFDMA 方案	221
6.8.1	OFDM 参数选择	222
6.8.2	MAC 帧结构	223
6.8.3	WLAN 的 OFDM 发信机	225
6.8.4	WLAN 的 OFDM 接收机	230
6.9	WLAN 的前景	231
6.9.1	多模式无线局域网	231
6.9.2	WLAN + 3G	233

6.10	WLAN 的组网	239
6.10.1	WLAN 联网	239
6.10.2	WLAN 组网结构	239
6.10.3	Ad hoc 模式 (无中心对等网络结构) ——IBSS 网络	240
6.10.4	Infrastructure 模式 (802.11b 的覆盖网络结构) ——ESS 网络	245
6.10.5	802.11 空中接口	250
6.10.6	WLAN 的典型应用方式	251
6.10.7	WLAN 具体应用	251
第 7 章	卫星 IP 网	257
7.1	引言	257
7.1.1	基于卫星的因特网简介	257
7.1.2	卫星通信系统	257
7.2	卫星通信在因特网中的应用	259
7.2.1	卫星通信在因特网骨干网中的应用	260
7.2.2	卫星通信在因特网接入网中的应用	261
7.2.3	卫星通信在因特网中应用的主要问题和限制	262
7.3	媒质访问控制 (MAC)	265
7.4	卫星 TCP/IP 协议	266
7.4.1	卫星轨道	267
7.4.2	TCP/IP	267
7.4.3	服务质量	269
7.4.4	卫星 IP 路由选择和 ATM 交换	270
7.4.5	IP 数据包分段	275
7.4.6	IP 组播	275
7.4.7	卫星 IP 安全	275
7.4.8	流量和拥塞控制	275
7.5	卫星因特网架构	276
7.6	卫星上网——卫星发送服务 (DirecPC)	277
7.6.1	DirecPC 的工作过程	277
7.6.2	DirecPC 组成	277
7.6.3	DirecPC 高速宽带多媒体接入技术的主要特点	278
7.6.4	DirecPC 评价	279
7.7	卫星 IP 评定	280
7.7.1	基于卫星 TCP 的性能	280
7.7.2	卫星 TCP 性能改进	280
第 8 章	三网合一	282
8.1	广播电视网	282
8.1.1	有线电视网络	282
8.1.2	光纤同轴电缆混合网 (HFC)	283

8.1.3	全业务网络平台	287
8.1.4	基于 CATV 的数字多媒体广播系统	288
8.2	三网合一	291
8.2.1	概述	291
8.2.2	基于 HFC 网的三网合一	293
8.3	有线 CATV 宽带接入网技术	294
8.3.1	同步码分多址技术 (S-CDMA)	295
8.3.2	“视网通”技术	296
8.3.3	CMTS + 集中分配入网技术	297
8.4	利用 CATV 骨干网构建宽带城域网	298
8.4.1	SDH 网络的构建	299
8.4.2	宽带 IP 网络的构建	299
8.5	IPTV	302
8.5.1	IPTV 概念	302
8.5.2	IPTV 内容	302
8.5.3	IPTV 应用及其发展	303
8.5.4	举例	303
英汉术语缩写对照表		305
参考文献		312

第1章 通信网基本概念

传统的以电路交换为核心技术的电话交换网为用户提供端到端的语音服务。数据通信技术的发展,给人们提供了新的业务平台,让所有业务共同承载在单一的数据网上正在逐步成为可能。利用数据网统一承载语音业务、数据业务、视频业务的局面,将带来通信技术革命性的转变。这种融合的趋势推动着不同类型的业务、不同的技术和不同的应用走向统一。广义的下一代通信网就是这种驱动下的新的网络形态——下一代融合网络。当然,变革是逐步推进的,目前讨论和将要准备实施的只是其第一步,即初步网络的物理融合。目前的通信网种类繁多、各自独立、业务多样、管理复杂。更新技术并向统一宽带高速通信网发展,是众望所求。高速、宽带、大容量,是下一代通信网络的核心,综合业务是下一代通信网络的关键。在如此前提下,按传输介质划分,下一代通信网络仍然可分成为有线通信网和无线通信网两大类。

下一代有线通信网络,是宽带电缆/光缆混合,以光纤为骨干的光纤网,逐步向准全光网发展,最终形成纯(理想)全光网。

下一代无线通信网络,是以 IPv6 因特网为核心网的多接入综合无线网。把全部无线通信网综合成的一个完全无线的逻辑通信网。

1.1 通信网链路

1.1.1 有线链路——光纤信道简介

光纤信道就是利用光纤构成的有线链路。由于光线射到两种不同介质交界面时会产生折射和反射,因此光线可在光纤纤芯中,经过往返曲折的途径,向远方传播。

光纤信道是一种典型的恒参信道,它的特点是传输衰减小,传输距离长;传输频带宽,通信容量大;抗电磁干扰,传输质量好;体积小,重量轻,便于施工。但是,光纤也存在一些不足之处,如易断裂,不易接续等。由于光纤具有良好的传播特性,因此是现代通信的主要传输手段之一。

目前,串行电信号传输速率的上限仅为 40~100Gbit/s。而在光纤传输中,这样的速率仅利用了光纤容量的千分之一。可见基于电技术的网络方案,是难以完成高速宽带综合业务传送和交换处理的,而且,网络中还会出现带宽“瓶颈”。基于光纤的全光网方案,可提供高速大容量传输及处理能力,满足高速宽带业务的带宽需求。

理论分析指出,具有巨大带宽的光纤,在 1550nm 波长附近的 200nm 波长(对应带宽约为 25THz, $1\text{THz}=10^{12}\text{Hz}$) 范围内,其传输损耗较低。这样,一根光纤可提供的理论传输带宽就约为 50THz。就是在 1300nm 波长附近,也可提供约 25THz 的可用带宽。

由于全光网络中的信号传输全部在光域内进行,故全光网络对信号传输来说是透明的。因而它可以通过波长选择器件,来实现路由选择。全光网络以其良好的透明性和波长路由特性,以及兼容性和可扩展性,成为下一代有线高速或超高速宽带网络的首选。

全光网络的主要优点是：可提供巨大的带宽、具有良好的协议透明性、采用了较多无源光器件，提高了网络的整体交换速度，降低了成本，并有利于提高可靠性。

理想的全光网是指信号的交换、选路、传输和恢复等所有功能都是以光形式实现的网络。当然，目前所说的全光网络，仅指光信息流在传输和交换过程中，以光的形式存在，而用电路方法实现对它的控制，它实际是一个准全光网。

1.1.2 无线链路简介

无线链路大体上可分为卫星信道和地面无线信道两大类。

1. 卫星信道

卫星信道也基本可以当成恒参信道看待，只是由于电波超常距离地在空中传播，会造成显著的长时延。卫星信道也会受到大气环境的影响，由衰减和阴影效应造成的误码要比地面传输严重。其空间传播损耗比较严重，亦可能会和地面其他无线电系统的信号发生干扰，保密性也差，易被截获。但是它具有广播信道特性，可形成良好的无线传送信道，尤其是良好的远程无线传送信道。它已经成为远程无线传输的重要手段。

卫星通信的主要优点是，传输容量巨大，覆盖面宽，代价低，使用方便。因为卫星工作于宽频带，故一颗卫星具有能提供大于几千路电话的传输能力。例如，装有 10 个转发器的卫星，其总通信能力可达 $5 \times 10^8 \text{ bit/s}$ 。其覆盖范围之宽，可使世界上最大的国家用一颗或两颗卫星就能成功地进行通信。这种信道的信号传输费用与两地球站之间的距离无关，因为只要它们同用一个转发器服务，该转发器发送的信号可被不同距离的所有地球站接收，其传输费用总是固定不变的。另外，广播式通信比采用大量通信线路和交换机实体也经济得多。

宇航通信信道基本也属于卫星通信信道类，只是通信距离更长、信噪比极低、传输时延大、信道环境更复杂，因此，具有变参信道的特征，这已经属于深空通信（几亿公里至几十亿公里）范畴了，我们目前经常提到的卫星通信则属于近空通信，距离一般为数百公里至数十万公里。

2. 地面无线信道

(1) 地面无线信道中的电波传播

在地面无线通信系统，或地面移动通信系统中，收发之间或移动台与基站之间，是一种由直射波、反射波、散射波、绕射波、地表波多个电波传播方式合成的信号传输模式。收发天线间的直射电波传播要受到反射波、绕射波和散射波等的影响，它们会对直射波产生干涉，形成多径效应。沿地球表面传播的地表波，其能量随着传播距离增加而迅速减小，衰减随着频率增高而急剧加大，因而可以完全忽略不计。

下面简单讨论一下陆地移动无线信道上的电波传播方式与特性。

移动通信系统中的典型传播，主要是发送天线到接收天线之间的直射波通路。同时存在反射、绕射和散射。当电磁波遇到比工作波长大的物体时，就产生反射。实际中的反射常常发生在地球表面、建筑物和其他障碍物上。当电磁波通过的空间中存在有比工作波长小的大数目阻挡物体群（树木、城市中小的小规则建筑物或粗糙表面的大物体）时，就产生散射。当收发机间的无线传播路径上存在尖锐边缘阻挡物体时，阻挡面上会产生二次波，散射到包括阻挡物背面的空间，则形成绕射。绕射与阻挡物体的形状以及绕射入射波的幅度、相位和极化等情况有关。

直射波——电波传播总是要受到实际介质的影响，直射波传播可以忽略这种影响，可认为其是自由空间传播。因此，一般情况下，直射波传播可以按自由空间传播来处理。只要考虑到反射、绕射和散射的影响，因此要在接收端产生多径效应。

反射波——当电波传播到两种不同介质的光滑交界面（即入射波进入的介质为理想导体）时，如果界面尺寸比电波波长大多，则就会产生无能量损耗的镜面反射。因此，发射电波由大气到达地面时，会产生全反射。

在实际的移动通信情况下，无线电波在大气中传播时，除了直射波外，还会在大气和地面交界面上产生反射波。若按平面波（发射点上的反射角等于入射角）处理，而又不计及透射波（入地面的电波分量），则构成了如图 1.1 所示的双径传播模型。其中，一条为发射机到接收机的直射波传播路径（ c ），一条是发射机经过地面反射到达接收机的反射波传播路径（ a 与 b ）。

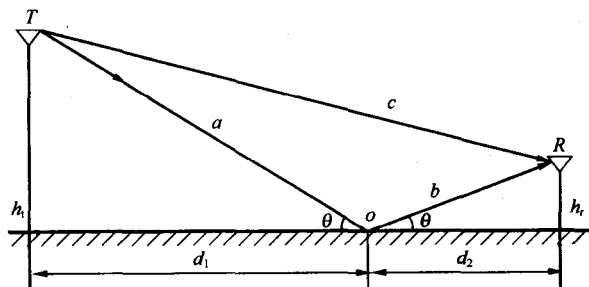


图 1.1 直射波反射波双径传播模型

用该模型预测几千米范围（发射天线高度 h_t 为 50m）的信号强度时，能获得十分满意的结果。对城区视距范围内的微蜂窝环境，用该模型亦可得到很准确的预测结果。不同界面的反射特性可以用反射系数 R （反射波场强 E_r 与入射波场强 E_i 之比）来表征。

理论证明，接收点的合成场强 E 随着反射系数和路径差的变化而变化。直射波和反射波会同相相加，也会反相相减，故而产生衰落现象。反射系数 R 越大，衰落就越厉害。 R 接近于 1 时，衰落最严重。所以，在移动通信中，随着移动台的运动，由于地面反射情况的不同和天线位置的变更，就会有不同程度的衰落现象出现。

绕射波——上述自由空间传播是假定没有任何障碍物影响的。当实际传播路径上出现山丘、树林或建筑物时，则应考虑由此引起的阴影损耗。无线电波波前的点会产生次级波，次级波形成新的波前。次级波进入阴影区就形成绕射，阴影区绕射波场强等于阻挡物周围全部次级波场强的矢量和。因此，在移动通信系统中，由发端发出的无线电波还可以绕地球曲面，乃至到阻挡物后面进行传播。障碍物对次级波的阻挡，产生了绕射损耗，阴影区域内的信号场强会迅速衰减，但是，仍然存在着绕射场。于是，处于阴影区内的接收机会接收到足够强的绕射波场强，并且会对直射波产生干涉。

精确估计绕射损耗是很困难的，然而，许多简单情况的绕射损耗是可以采用数学方法进行描述的。

（2）移动信道特征

我们已经知道，多数蜂窝移动通信系统运转在城市中，基站和移动台之间，高楼大厦林立，除了视距传播（有时都不存在视距传播）外，还产生了强烈的反射和绕射。经过不同传播路径的电磁波相互作用，引起多径损耗。加上传播距离增加，引起的电磁波自然衰减，接收点信号强度比发射点信号强度低很多，而且，其强度随机改变。所以，陆地移动通信往往是处于比较复杂的环境中，传输信道特性是随机变化的，故移动通信信道是典型的变参信道。当信号通过移动无线电通信信道传播时，就要产生衰落。发送信号性质和信

道特性影响着衰落的类型。其中，信号的带宽、符号间隔、信道的时延扩展和多普勒频移扩展等参数完全决定了衰落的类型。这种由信号特性、信道特性、发送速率引起的移动无线电通信信道中的时间色散和频率色散，可以产生 4 种显著不同的衰落，并且，形成两种彼此相互独立的传播机制：

- ① 多径传播时延扩展引起时间色散和频率选择性衰落；
- ② 多普勒频移扩展引起频率色散和时间选择性衰落。

这两种传播机制可导致 4 种不同类型的衰落，其主要特性见表 1.1。

表 1.1 衰落类型及其主要特性

平坦衰落 (多径传播时延扩展)	频率选择性衰落 (多径传播时延扩展)	快衰落 (多普勒频移扩展)	慢衰落 (多普勒频移扩展)
信号宽度<信道宽度	信号宽度>信道宽度	大多普勒频移	小多普勒频移
延迟扩展<符号周期	延迟扩展>符号周期	相干时间<符号周期	相干时间>符号周期
		信道变化速率>基带信号速率	信道变化速率<基带信号速率

(3) 陆地移动通信信道传播路径和衰落现象

在 VHF 和 UHF 频段的陆地移动通信中，移动信道上存在有直射波、反射波、散射波、绕射波多种传播方式，构成多条传播路径。因此，接收点信号是具有时间差的多个不同幅度信号的矢量和，使信号产生深度的快速衰落。

在实际移动通信信道中，可能存在众多反射和绕射，接收点的实际情况比理论分析的还要复杂。实验证明，接收信号电平变化很大（达到数十分贝）、很快（每秒数十次）。这种由多径信号相互干涉，形成的快变接收信号现象，称为快衰落。

由于移动台的不断运动，电波传播路径上的地形地物变化，以及大气折射率梯度的变化，可能使直射波部分乃至全部受阻，这种所谓绕射衰落可以延续数小时，致使接收信号的局部场强中值（信号电平由大变小的中间值，即任一段局部时间内，一半时间内的信号电平大于中值，一半时间内的信号电平小于中值）产生慢变化（相对于快衰落），这是阴影效应导致的地形衰落，故称为慢衰落。频率越高，慢衰落越严重。

对接收信号局部场强中值取平均，即可得到全局场强中值。计算接收信号全局场强中值是研究移动通信的重要问题之一。

慢衰落和快衰落皆是时间选择性衰落，不同时间，衰落不同。但是对传输信号的整个频谱范围而言，衰落是一样的。

综合起来说，影响移动无线信道上传播信号衰落的因素有多径传播、环境物体运动速度和移动台速度。

在陆地移动通信中，由于大气、地形地物等的影响，发送的信号沿多条路径传播，以不同时间到达接收点。这些具有微小时间差而幅度又不等的多径波信号叠加，形成相互干涉的现象，称为多径效应。这种幅度和相位都急剧变化的合成信号，其变化程度取决于多径波的强度、相对传播时间及其带宽。

移动无线信道多径效应表现为：

- ① 短时间短距离传播的信号强度急剧变化——快衰落（时间选择性衰落）。

② 不同多径信号的传输时延不断变化——信号相位变化——产生附加频移（多普勒频移）——多普勒（Doppler）效应。

③ 多径信号各个分量到达接收点的时间不同，致使接收点的信号相当于发射点的信号展宽了一个各路径间的最大相对时延——多径传播时延扩展。

④ 不同多径信号的相对传输时延随着时间不断变化，使频谱中的不同频率产生不同的衰减——频率选择性衰落。

（4）移动（多径）信道模型

① 移动（多径）信道冲激响应模型

由上已知，接收信号为多径波矢量和。因此，移动通信信道（多径信道）可认为是一个线性时变系统。对于非常小的时段，可以认为多径信道是非时变的，基带冲激响应与时间无关。不同带宽的信号在同一多径信道中传输时，将产生完全不同的衰落。

② 多径衰落信道的统计模型

为了说明移动通信信道的统计特性，早在 1964 年，就由欧森纳（Ossana）提出了欧森纳模型。但是，由于他只考虑到了收发间的一条视线路径，以及入射波与建筑物表面随机分布反射波的干涉。如用欧森纳模型预测郊外平坦衰落，尚可获得满意结果。而对几乎不存在视线路径的市区来说，则用该模型分析的结果，与实际情况相差甚远。

克拉克（Clarke）模型和双线瑞利（Rayleigh）衰落模型，可以很好地描述多径衰落信道的统计特性。但是，克拉克模型和瑞利衰落统计模型仅适用于多径时延的平坦衰落情况。在现代高速数字移动通信系统中，存在明显的多径时延扩展和衰落。这时候的信道，可用相互存在时差的独立多个瑞利衰落统计和模型来描述。常用的最简单的多径模型，是独立双线瑞利衰落模型。

另外，Nakagami-m 衰落模型对 Nakagami-m 衰落的描述也是比较到位的。

1.2 下一代网络

1.2.1 下一代网络体系结构

现在大家一致公认的未来通信网，应该是一个巨大的高级复杂实体，它具有开放型的分层网络体系结构，宽带、高速、小时延，能提供综合数字业务。一般认为，下一代网络（NGN）应包含接入和传输、媒体传送、控制（包括软交换等）和网络业务四个开放的层面，如图 1.2 所示。

也有人认为，NGN 的网络体系结构包含接入、骨干和控制/服务三个网络层。例如，由接入、骨干核心和控制/服务三个网络层组成的 ENGINE（爱立信）开放分层网络结构。该开放分层网络体系结构模型如图 1.3 所示。

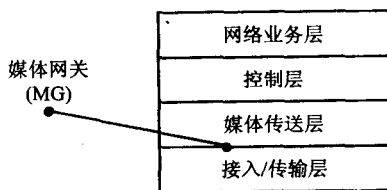


图 1.2 NGN 的网络体系结构型式之一

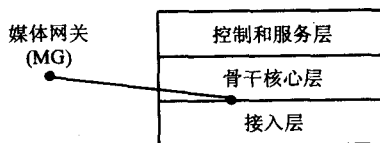


图 1.3 NGN 的网络体系结构型式之二

(1) 接入层

采用多种手段将用户接入到网络中。如大覆盖区无线移动通信接入技术(GSM、WCDMA等),小覆盖区无线局域网(WLAN)接入技术,更短距离的蓝牙接入技术,固定无线接入技术(LMDS)等,还包括窄带PSTN、宽带ADSL、电缆以太网等有线接入技术。

(2) 骨干核心层

骨干核心层是采用基于分组通信技术的IP、ATM或IP over ATM协议,且底层基本采用DWDM/CWDM技术的公共传输网。无论采用什么样的接入技术,所有用户都被接入同一个骨干网。这对于运营商来说,做到了开发一种应用,能同时提供给不同种类的用户(比如说能够同时提供给移动和固定用户)使用。由于在骨干网和接入网之间,设置了一个新层次——媒体网关(MG),使得不同承载网上的业务,可以同时也在骨干网上进行传输,而且不同接入网上的业务可实现互通。另外,其开发业务、网络建设、维护成本都会取得很好的效益。

(3) 控制/服务层

位于骨干网上层的控制/服务层,由大量服务器为控制/服务提供服务。网络方面的应用和服务(例如电子商务等)在未来网络中仍然是主流。为了适应这种新的架构,一些传统的通信业务会发生一些内在的变化,以适应Web的传输方式。例如,电话通信,是通过呼叫服务器完成电话接续的,并进行相应的计费等工作;而对于一些智能网业务,则是通过服务器上新增加的应用软件实现的。

下一代网络(NGN)的主要特点是:具有开放式的体系架构和标准的接口,业务与呼叫分离、呼叫与媒体分离,网络可以分为业务层、控制层、网络层和接入层,以软交换(Softswitch)为核心的控制层完成业务的控制和管理,网络层采用IP协议实现业务的融合以及接入层采用多样化的宽带无缝接入。其中最关键的两点是:

(1) 业务和承载的网络分离

这样的一个开放架构与原有电信网封闭架构相比,最突出的不同点在于将业务和承载的网络分离。对于不同的上层业务来说,接入网和骨干网可被看作是不同的“管道”。接入技术的区别,仅仅是“管道类型”的不同,或“管径粗细”不一样(比如说普通的PSTN和xDSL)。这种结构是有利于提供新业务的。例如对电话通信,呼叫控制和连接分离后,用户业务的界定和提供可以集中在服务器上进行,从而缩短了新业务介入所需的时间,并加强了客户关系管理。最终形成标准化的开放API后,第三方软件开发商就可方便地开发出一些新应用。这犹如我们今天利用HTML语言和相应的CGI调用开发因特网应用一样。爱立信公司已经演示了基于ENGINE的电话通信,通过呼叫服务器和媒体网关的协调配合,可以利用VoDSL的电话和PSTN电话,或者基于其他网络介质的IP电话进行通信,充分展现了业务与承载网络分离后的优势。

(2) 多业务网络业务解决方案

该方案包括电话—数据网络桥接解决方案、接入服务器和媒体网关(MG)等。这是一整套实施多业务网络业务的解决方案。具体包括:

① 宽带多种接入解决方案——线缆调制解调器(Modem)、光纤、数字用户线(DSL)、有线局域网(LAN)、无线局域网(WLAN)、无线宽带(LMDS和宽带无线本地环路,BWLL或MMOS)和蓝牙系统等。

② 光复用——波分复用(WDM)或密集波分复用/粗波分复用(DWDM/CWDM)和 SDH 传输系统。

③ 分组骨干网络——运营商级 ATM 及 IP 交换机、路由器和管理系统。电话及多媒体业务控制服务器等。

④ WAP/GPRS 和 IP 信息解决方案。

⑤ 业务和网络管理解决方案——网络运营, 客户关系管理(CRM、业务激活、客户网络管理、数据仓储和 IT/系统管理系统)等。

从 NGN 的技术特点来看, 它还具有以下优势。

(1) 组网的优势

NGN 的分层组网特点, 使得运营商几乎不用考虑过多的网络规划, 仅需根据业务的发展情况来考虑各接入节点的部署。尤其是在组建大型网络上, 无论是容量, 维护的方便程度, 或组网效率上, NGN 同 PSTN 相比, 具有明显的优势。

(2) 电信级的硬件平台优势

NGN 的业务处理部分工作在通用电信级硬件平台上进行, 运营商可以通过采购性能更优越的硬件平台来获得处理能力的提高。同样, 在这个平台上, 摩尔定律所带来的处理性能的持续增长, 也将使整个通信产业获益。

(3) 提供网络设计、系统集成、网络支持和业务咨询等一整套专业服务及客户服务。在一个网络上同时承载多种业务。

网络融合是通信技术发展的主要趋势之一。网络的新陈代谢使新网络形态的出现已不可避免。迅速发展的数据业务已经远远高于话音业务的增长, 数据业务量超越话音业务量的时间指日可待。从数据业务的观点重新定义新的网络系统, 是未来网络持续发展的需要。新定义的 NGN 技术, 正是这场技术变革的体现。网络融合, 语音、数据、多媒体业务的融合, 将给用户带来空前的数字体验。从 PSTN 到 NGN 的演进已为所有电信工作者所关注。通过有规划的渐进网络演进步骤, 将 PSTN 网平滑演进到 NGN, 是一个比较好的办法。

开放的网络体系、标准的构件接口以及工业标准化的处理系统, 使得运营商可从中直接受益。网络的融合和 NGN 综合业务的提供, 使得运营商可通过单一的网络提供语音、数据、多媒体等业务。这与运营商建设独立的电话网、数据网和电视网来实现的相同应用相比, 极大地减少了投资。在 NGN 的架构里, 各构件间的协议标准化, 彻底打破了技术和业务的独家垄断局面。可以预见, 业务将成为掌握在运营商手里的基本元素, 并真正实现业务的按需提供。传统网络中复杂的软件/硬件升级受制于供应商, 这种依附于供应商才能获得新的增强业务的局面, 将一去不复返了。NGN 架构的先天特点使得运营商能最大限度地发挥其网络的潜能, 语音、数据和多媒体融合, 也将创造出更多有吸引力的新业务。

1.2.2 NGN 与软交换

NGN 的出现, 标志着新一代电信网络时代的到来。这意味着将从传统的以电路交换为主的 PSTN 网络逐渐向以分组交换为主的数据网络迈进。数据网承载了原有 PSTN 网络的所有业务, 把大量的数据传输卸载到 IP 网络中, 以减轻 PSTN 网络的重荷, 又以 IP 技术的新特性增加并增强了许多新老业务。从这个意义上讲, NGN 是基于 TDM 的 PSTN 语音网络和基于 IP/ATM 的分组数据网络融合的产物, 它使得在下一代网络中将语音、图像、数据等业务