

通信网规划理论与实务

梁雄健 孙青华 张 静 杨 旭 编著

北京邮电大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要讲述通信网规划的基本理论与方法,并结合通信网规划实务对传输网规划、接入网规划、业务网规划以及支撑网规划进行详细地阐述。全面地介绍了通信网规划的基本原理、规划方法及具体应用案例。本书共12章。第1章和第2章从电信网的基本概念入手,介绍电信网规划的基础工作;第3章至第7章对通信网规划中涉及的理论方法进行了详细研究,介绍了图论、随机过程、统计分析、多方案评估等常用的规划方法;第8章至第11章详细介绍了传输网、接入网、业务网、支撑网的相关技术及规划方法;第12章以移动通信网规划为例,介绍了网络规划理论在实际中的应用。

本书可作为通信管理、通信工程、网络工程、信息管理与信息系统、管理工程等专业本科生教材或相关专业研究生教材,也可作为通信工程设计专业高职高专教材,是通信管理人员、通信工程设计人员、通信网络的工程技术人员从事通信管理、通信规划、通信网可行性研究、通信系统设计的实用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信网规划理论与实务/梁雄健等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7-5635-1193-8

I. 通... II. 梁... III. 通信网 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 064907 号

书 名:通信网规划理论与实务

作 者:梁雄健 孙青华 张 静 杨 旭 编著

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

北方营销中心:电话:010-62282185 传真:010-62283578

南方营销中心:电话:010-62282902 传真:010-62282735

E - mail:publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京通州皇家印刷厂

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:23

字 数:459 千字

印 数:1—3 000 册

版 次:2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-1193-8/TN·452

定价:39.00 元

• 如有印装质量问题请与北京邮电大学出版社营销中心联系 •

前 言

本书共分3篇,第1篇详细介绍了通信网规划中常用的理论与方法,从电信网的基本概念入手,首先为读者建立起通信网规划的整体架构,然后逐一介绍图论、随机过程、统计分析、多方案评估等通信网规划中常用的分析理论方法;第2篇以传输网、接入网、业务网、支撑网规划等实务为对象,详细地阐述了实际通信网规划的原理、规范及方法,讲述了相应的技术及应用;第3篇利用移动通信网规划案例,演示并说明了网络规划理论在实际中的应用方法。由于电信技术发展很快,规划理论层出不穷,本书在内容上尽量选用最新的资料。

学习本书所需要的准备

学习本书需要具备现代通信技术和工程数学的基础知识。对现代通信技术有一定了解的读者都会在本书中得到有益的知识。

本书的风格

本书力图编排成为一本通信网规划的学习指南,内容包括了通信网规划的基本理论和常用方法、各类通信网规划的方法、通信网规划的实务及案例分析。本书含有大量的图表、数据、例证和插图,以达到深入浅出。通信网规划涉及内容比较复杂,而且不少内容有前后的关联性,本书尽可能用形象的图表及实例来解释和描述,为读者建立清晰而完整的体系框架。

在每章的开始明确本章的学习重点及难点,引导读者深入学习。

本书的结构

第1章从电信网的基本概念入手,概括介绍了电信网的结构及主要技术基础。

第2章介绍了电信网规划的原则、基本内容及基础工作。

第3章从图论的应用角度介绍了最短路、最大流等网络规划常见问题的计算方法。

第4章利用排队论的思想,讲述了规划求解电信网络中电路数、服务水平等指标的方法。

第5章从定性与定量两个角度介绍了业务预测的基本方法,对一些具体方法进行了讨论,同时介绍了电信网业务预测中的一些新的方法。

第6章主要介绍了通信网规划的经济分析,包括通信网规划投资、收入和成本的估算方法以及规划方案评价的主要经济指标和分析方法。

第7章讲述了层次分析法和数据包络分析法在多目标决策中的应用。

第8章从传输网技术入手,详细地介绍了传输网的业务需求规划、光缆路由规划、业务承载的配置规划、网络性能规划等问题。

第9章从接入网技术的发展入手,介绍了接入网规划的内容与方法。

第10章介绍了电信业务网规划的基本内容,对固定电话网规划、移动通信网规划、数据网规划进行了阐述。

第11章介绍了信令网规划、电信管理网规划、数字同步网规划。

第12章以地区通信网规划实例为手段,介绍了通信网规划理论的应用方法。

本书可作为通信管理、通信工程、网络工程、信息管理与信息系统等、工程管理专业本科生教材或相关专业研究生教材,也可作为通信工程设计专业高职高专教材,是通信管理人员、通信工程设计人员、通信网络的工程技术人员从事通信管理、通信规划、通信网可行性研究、通信系统设计的实用参考书。

在本书的编写过程中,本书主编梁雄健负责本书的组织与统编;第1章、第2章、第9章和第11章由北京邮电大学张静老师编著;第3章、第4章、第5章、第6章和第7章由石家庄邮电职业技术学院孙青华教授编著;第8章和第10章由北京邮电大学杨旭老师和博士研究生熊锦华、任乐毅等编著;第12章由北京邮电大学梁雄健老师编著,同时北京邮电大学经济管理学院研究生董爽、马慧、谢晓霞等研究生收集了相关资料并对本书电子文档进行了整理。由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和欠妥之处,恳切希望广大读者批评指正。

作者

2006年3月

目 录

第 1 篇 电信网规划理论

第 1 章 电信网基础	3
1.1 电信网的概念与分类	3
1.1.1 电信系统的概念	3
1.1.2 电信网的概念	5
1.1.3 电信网的分层结构	5
1.1.4 电信网的分类	9
1.2 电信网的结构	10
1.2.1 电信网的基本结构形式	10
1.2.2 电信网的非基本结构形式	11
1.2.3 分级网与无级网	12
1.3 电信网的主要技术基础	13
1.3.1 传送网	13
1.3.2 业务网	16
1.3.3 应用层	19
1.3.4 支撑网	20
1.4 电信网络与技术发展趋势	20
1.4.1 电信技术发展趋势	21
1.4.2 三网融合	22
1.4.3 下一代网络	23
小结	28
思考题	29
第 2 章 电信网规划基础	30
2.1 电信网规划概述	30
2.1.1 电信网规划的概念	30
2.1.2 电信网规划的分类	31
2.1.3 电信网规划的任务和步骤	31
2.1.4 电信网规划的总体原则	32

2.2	电信网规划的内容体系	33
2.3	电信网规划的基础工作	36
2.4	新形势对电信网规划的影响	38
	小结	39
	思考题	39
第3章	图论基本理论及其在电信网规划中的应用	40
3.1	引言	40
3.2	图与网路分析	41
3.2.1	图与网路的定义	41
3.2.2	图与网路中的一些基本概念	41
3.3	网络中各端点的最短连接方法	42
3.3.1	树图的概念和性质	42
3.3.2	图的生成树	42
3.3.3	如何找到生成树	43
3.3.4	最小生成树的算法	43
3.4	电信网中局、站间最短路的算法	46
3.4.1	狄克斯特拉算法(Dijkstra 算法)	46
3.4.2	求解最短路问题的 Bellman 方程	47
3.4.3	Warshall-Floyd 算法	49
3.4.4	最短路问题算法总结	51
3.5	网路流及其算法	51
3.5.1	网路的最大流	51
3.5.2	确定网路最大流的算法——标号法	52
3.5.3	最小费用最大流算法	56
3.5.4	网路流的归并问题	57
3.6	电信网的可靠性	58
3.6.1	与电信网可靠性有关的两个概念	58
3.6.2	可靠性 $R(t)$ 的计算方法	59
3.6.3	多元件系统可靠性的计算	59
3.6.4	工程中采用的可靠性指标——有效度	61
	小结	62
	思考题	62
第4章	排队论	64
4.1	随机服务系统	64
4.1.1	随机服务系统的基本概念	65

4.1.2	话务量概念	65
4.1.3	随机服务系统的组成	66
4.1.4	随机服务系统的常用符号	67
4.1.5	随机服务系统的常用指标	67
4.1.6	描述服务时间与间隔时间的概率分布	68
4.2	标准型随机服务 M/M/n 系统	69
4.2.1	M/M/n 损失制	69
4.2.2	M/M/n 等待制	73
4.3	特殊随机服务系统	75
4.4	溢流通路计算	76
4.4.1	部分利用度的概念	76
4.4.2	溢流通路的概念	76
4.4.3	溢流通路的计算	77
4.4.4	等效随机流的计算方法与步骤	77
4.5	随机服务系统的优化	79
4.5.1	单台随机服务系统的优化	80
4.5.2	多台随机服务系统的优化	80
	小结	81
	思考题	81
第5章	电信业务预测的基本方法	83
5.1	预测的基本知识	84
5.1.1	预测的分类	84
5.1.2	预测的程序	85
5.1.3	电信业务预测的内容及应注意的问题	85
5.2	趋势分析方法	87
5.2.1	相关推断法	87
5.2.2	对比类推法	89
5.3	直观预测技术	93
5.3.1	专家会议法	93
5.3.2	特尔斐法	93
5.3.3	综合判断法	94
5.4	时间序列预测技术	95
5.4.1	趋势外推法	95
5.4.2	平滑预测法	98
5.4.3	成长曲线预测法	103

5.5 相关分析预测技术	106
5.5.1 一元线性回归方程	106
5.5.2 多元线性回归预测	110
5.5.3 非线性相关预测	115
5.6 电信业务预测的其他方法	116
5.6.1 灰色预测模型	116
5.6.2 马尔可夫预测	121
5.6.3 模糊预测	124
5.6.4 模拟退火算法	126
5.6.5 系统动力学方法用于业务发展预测	129
小结	132
思考题	134
第6章 通信网规划的经济分析方法	135
6.1 规划方案投资与收支估算	135
6.1.1 通信网规划投资估算	136
6.1.2 通信网规划业务收入与成本估算	137
6.2 规划方案经济效益分析	137
6.2.1 规划方案经济效益评价指标	138
6.2.2 规划方案的盈亏分析	140
6.2.3 敏感性分析	140
小结	141
思考题	142
第7章 多目标评价方法及其应用	143
7.1 层次分析法	143
7.1.1 层次分析法的基本原理	144
7.1.2 层次分析法的计算步骤	145
7.1.3 层次分析法应用举例	147
7.2 数据包络分析法	150
7.2.1 数据包络分析法的数学模型	150
7.2.2 数据包络分析定理	152
7.3 AHP 与 DEA 模型的综合应用	153
7.3.1 带有决策者偏好的决策模型	153
7.3.2 综合应用实例	155
小结	158
思考题	158

第 2 篇 通信网规划实务

第 8 章 传送网	161
8.1 传送网规划概述	161
8.1.1 传送网功能单元	161
8.1.2 国内电信传送网的现状	164
8.1.3 传送网规划的步骤	165
8.2 光网络的生存性	166
8.2.1 生存性的概念	166
8.2.2 光网络的保护恢复技术	168
8.2.3 环形光网络的生存性	170
8.3 传送网的业务需求	172
8.3.1 传输需求预测	172
8.3.2 业务网电路、专线电路和宽带接入	173
8.4 传送网络体系结构规划	175
8.4.1 光缆物理路由拓扑规划	175
8.4.2 传送网络结构规划	177
8.5 光传输系统的规划	181
8.5.1 传输系统的建设原则	181
8.5.2 功率、色散和信噪比的预算	184
8.5.3 系统性能参数及其指标	189
8.6 规划的经济分析和规划工具	192
8.6.1 光网络规划的经济模型	192
8.6.2 SDH 与 WDM 环的成本比较	195
8.6.3 光网络规划设计的辅助工具	198
小结	201
思考题	201
第 9 章 接入网规划	202
9.1 接入网概述	202
9.1.1 接入网的概念	202
9.1.2 接入网的接口类型	204
9.2 接入网技术及其发展	205
9.2.1 铜线接入技术	206
9.2.2 光纤/同轴混合网技术	208

9.2.3	以太网接入技术	209
9.2.4	光接入网技术	210
9.2.5	无线接入技术	210
9.3	接入网规划的内容与方法	214
9.3.1	接入网规划的内容	214
9.3.2	接入网规划的原则及流程	214
9.3.3	接入网组织结构	216
9.3.4	接入方式选择	217
	小结	218
	思考题	219
第10章	电信业务网规划	220
10.1	电信业务网规划概述	220
10.1.1	电信业务网概述	220
10.1.2	电信业务网的网间互联	223
10.1.3	我国电信业务网的问题及未来发展	224
10.2	固定电话网规划	225
10.2.1	概况	225
10.2.2	电话业务预测	228
10.2.3	网络规划	235
10.3	移动通信网规划	244
10.3.1	概况	244
10.3.2	移动通信网规划方法	247
10.3.3	3G 网络规划	250
10.3.4	移动电话网参数取值及计算	256
10.4	数据网发展规划	257
10.4.1	概述	257
10.4.2	因特网规划	258
10.4.3	其他基础数据网络发展规划	264
10.4.4	数据业务量及流量计算	268
	小结	270
	思考题	271
第11章	支撑网规划	272
11.1	No. 7 信令网规划	272
11.1.1	信令网的概念	272
11.1.2	No. 7 信令网	273

11.1.3	我国 No.7 信令网的结构	274
11.1.4	No.7 信令网规划的内容与原则	275
11.1.5	信令链路的计算	276
11.2	电信管理网规划	280
11.2.1	电信网络管理技术的发展与演变	280
11.2.2	电信管理网	281
11.2.3	我国电信网络管理总体现状概述	284
11.2.4	我国电信网络管理发展思路	285
11.2.5	电信管理网规划策略	286
11.3	数字同步网规划	287
11.3.1	数字同步网的概念	287
11.3.2	我国的数字同步网	288
11.3.3	数字同步网的规划内容	289
	小结	291
	思考题	292

第 3 篇 通信网规划实例

第 12 章	B 地区通信网规划案例	295
12.1	概述	295
12.1.1	B 地区概述	295
12.1.2	B 地区电信发展现状及存在的问题	296
12.1.3	规划的主要依据和指导思想	298
12.1.4	规划的主要任务及内容	299
12.2	B 地区本地电话业务发展预测(1998 ~ 2010 年)	299
12.2.1	B 地区社会经济发展情况	299
12.2.2	B 地区电话发展历史资料分析	303
12.2.3	B 地区电话发展宏观预测考虑的要点	305
12.2.4	B 地区电话实占预测	306
12.2.5	B 地区电话发展宏观预测说明	307
12.2.6	B 地区公用电话发展规划	313
12.3	B 市电话用户分布预测	314
12.3.1	B 市城市概况与发展规划	314
12.3.2	B 市城区电话用户密度预测	314
12.3.3	B 市农话用户分布预测	318

12.4	B 地区电信发展其他相关预测	319
12.4.1	B 地区长途业务量发展预测	319
12.4.2	话务量预测	321
12.4.3	数据业务发展预测	324
12.5	交换局所优化(1998 ~ 2010 年)	327
12.5.1	局所优化的基本方法和基础资料	328
12.5.2	B 市城区局所优化	329
12.5.3	程控交换模块局的应用	331
12.5.4	其他问题	332
12.5.5	B 地区汇接局规划	333
12.6	B 地区本地电信传输网规划	334
12.6.1	B 地区电信业务量预测	334
12.6.2	B 本地电信交换网规划	341
12.6.3	B 本地电信传输网规划	341
12.7	规划方案的投资估算与经济评价	352
参考文献		353

第1篇 电信网规划理论

- ❖ 电信网基础
- ❖ 电信网规划基础
- ❖ 图论基本理论及其在电信网规划中的应用
- ❖ 排队论
- ❖ 电信业务预测的基本方法
- ❖ 通信网规划的经济分析方法
- ❖ 多目标评价方法及其应用

第 1 章 电信网基础

【本章内容】

- 电信网的概念、分层结构与分类；
- 电信网的基本结构形式、非基本结构形式、分级网与无级网；
- 电信网传送网、业务网、应用层与支撑网的主要技术；
- 电信网络与技术的发展趋势。

【本章重点】

- 掌握电信系统的基本组成,掌握电信网的概念、垂直分层结构与水平结构；
 - 掌握网状网、星状网和环形网 3 种基本结构形式的特点和适用情况,掌握分级网与无级网的概念；
 - 掌握传送网中主要传输媒介的种类,主要复用技术种类和接入网的概念；
- 掌握电路交换与分组交换的概念与特点；掌握支撑网的主要种类和概念；
- 了解电信网发展的大趋势。

【本章难点】

- 电信系统与电信网各组成部分的功能；
- 电信网的垂直分层结构；
- 电信网中主要技术的理解和掌握。

【本章学时数】6 学时

【学习本章目的和要求】

通过本章的学习,应掌握和理解电信网的相关概念,熟悉电信网技术,为学习电信网规划方法打下基础。

1.1 电信网的概念与分类

本节首先介绍电信系统的概念与组成,从而引出电信网的概念,并分别介绍了电信网的垂直分层结构和水平结构,从多个不同的角度对电信网进行了分类,以帮助读者全面理解电信网的概念。

1.1.1 电信系统的概念

人们通过各种感官感知现实世界而获取信息,并通过通信来传递信息。通信的基本形式,是在信源与信宿之间建立一个传输(转移)信息的通道(信道)。而所

谓电信,是指利用有线、无线的电磁系统或者光电系统,传送、发射或者接收语音、文字、数据、图像以及其他任何形式的信息的活动,能够完成这一过程的系统就是电信系统。

最简单的电信系统如图 1-1 所示,这是一个点-点单向通信系统,其基本组成包括信源、变换器、信道、噪声源、反变换器及信宿 6 个部分。

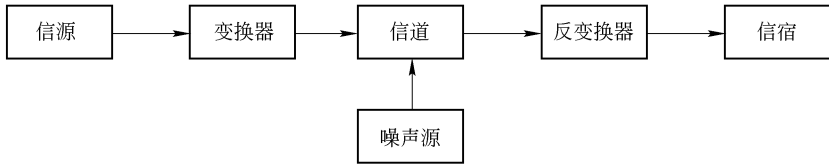


图 1-1 点-点单向通信系统

信源产生各种信息,信源可以是发出信息的人,也可以是发出信息的机器(如计算机等)。不同的信息源可以构成不同的电信系统。

变换器的作用是将信源发出的信息变换成适合在信道中传输的信号。对应不同的信源和不同的电信系统,变换器有不同的组成和变换功能。例如,对于数字电话通信系统,变换器包括送话器和模/数变换器等,模/数变换器的作用是将送话器输出的模拟话音信号经过模/数变换、编码并时分复用等处理后,变换成适合于在数字信道中传输的信号。

信道是信号的传输媒介。信道按传输介质的种类可以分为有线信道和无线信道。在有线信道中电磁信号被约束在某种传输线(如电缆、光缆等)上传输;在无线信道中电磁信号沿空间(大气层、对流层、电离层等)传输。按传输信号的形式又可分为模拟信道和数字信道。

反变换器将从信道上接收的信号变换成信息接收者可以识别使用的信息。它与变换器正好相反,起信号还原的作用。

信宿是信息的接收者,他/它可以与信源相一致,对应构成人-人通信或机-机通信;也可以与信源不一致,构成人-机通信或机-人通信。

噪声源是指系统内各种干扰影响的等效结果。系统的噪声来自各个部分,从发出和接收信息的周围环境、各种设备的电子器件,到信道所受到的外部电磁场干扰,都会形成噪声影响。为了分析问题方便,一般将系统内所存在的干扰均折合成到信道中,用噪声源表示。

以上电信系统只能实现两个用户间的单向通信,要实现双向通信还需要另一个电信系统,来完成相反方向的信息传送工作。而要实现多用户间的通信,则需要将多个电信系统有机地组成一个整体,使它们能够协同工作,即形成电信网。实现多个用户间的相互通信,最简单的方法就是任意两个用户之间均有线路相连,但由于用户众多,这种方法会造成机线大量浪费,没有实际可行性。为了解决这一问

题,通常要在电信系统中引入交换机,即每个用户都通过用户线与交换机相连,任何用户之间的通信都需要经过交换设备的转接交换。因此,实际使用的电信系统是由多级交换的通信网来提供信道。

1.1.2 电信网的概念

电信网就是复杂的电信系统,它是由一定数量的节点(包括终端设备和交换设备)和连接节点的传输链路相互有机地组合在一起,以实现两个或多个规定点间信息传递的通信体系。也就是说,电信网是相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体,以用户满意的程度实现网内任意两个或多个用户之间的通信。

一个完整的电信网由硬件和软件组成。传统电信网的硬件主要包括三大类设备:终端设备、传输设备和交换设备。

终端设备:一般安装在用户端,提供用户实现接入协议所必需的功能设备(电信端点),它的作用是将话音、文字、数据和图像(静止的或活动的)信息转变为电信号或电磁信号发出去,并将接收的电信号或电磁信号复原为原来的话音、文字、数据和图像等信息。例如电话机、手机、计算机。

传输设备:将电信号从一个地点传送到另一个地点的设备。它构成电信网中的传输链路,包括传输线路和各种发送接收设备。例如光端机、光缆等。

交换设备:实现一个终端(用户)和它所要求的另一个或多个终端(用户)之间的接续,或提供非连接传输链路的设备和系统,是构成电信网中节点的主要设备。例如程控交换机等。

仅仅把这些设备相互连接起来,还不能很好地完成信息的传递和交换,正如计算机只有硬件无法正常运转一样,电信网也要依靠相应的软件,即一整套的网络技术和对网络的组织管理技术,使由设备组成的静态网成为一个能够正常运转的动态体系。电信网的网路技术包括网的拓扑结构、网内信令、协议和接口,以及网的技术体制、标准等,各种电信网还有其不同的网络组织管理方法,它们是电信网能够实现电信服务和运行支撑的重要条件。目前软件在电信网中的作用越来越大,能够在不改变硬件的情况下扩展电信网的功能。

1.1.3 电信网的分层结构

随着电信技术发展与用户需求日益多样化,现代电信网正处在变革与发展之中,网络类型及所提供的业务种类不断增加和更新,形成了复杂的电信网络体系。

为了更清晰地描述现代电信网,在此引入网络的分层结构。从网络纵向分层的观点来看,可根据不同的功能将网络分解成多个功能层,上下层之间的关系为客户/服务者关系。网络的纵向分层结构也是网络演进的争论焦点,开放系统互联

(OSI)7层参考模型曾是人们普遍认可的分层方式。

OSI参考模型中采用了7个层次的体系结构,如图1-2所示。

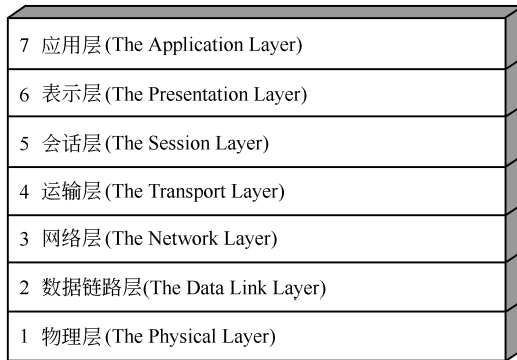


图1-2 OSI参考模型

(1) 物理层。物理层的任务是透明地传送比特流,在物理层上所传送数据的单位是比特。传递信息所利用的一些物理媒体,如双绞线、同轴电缆、光缆等,并不在物理层之内,而是在物理层的下面,因此也有人把物理媒体作为第0层。透明是一个很重要的术语,它表示:某一个实际存在的事物看起来却好像不存在一样。“透明地传送比特流”表示经实际电路传送后的比特流没有发生变化,因此,对传送比特流来说,由于这个电路并没有对其产生什么影响,因而比特流就“看不见”这个电路。或者说,这个电路对比特流来说就是透明的,这样任意组合的比特流都可以在这个电路上传送,当然,哪几个比特代表什么意思,则不是物理层所要负责的。物理层要考虑用多大的电压代表“1”或“0”,以及当发送端发出比特“1”时,在接收端如何识别出这是比特“1”而不是比特“0”。物理层还要确定连接电缆的插头应当有多少根腿以及各个腿应如何连接。

(2) 数据链路层。数据链路层的任务是在两个相邻节点间的线路上无差错地传送以帧(Frame)为单位的数据。每一帧包括数据和必要的控制信息。在传送信息时,若接收节点检测到所收到的数据中有差错,就要通知发送方重发这一帧,直到这一帧正确无误地到达接收节点为止。在每一帧所包括的控制信息中,有同步信息、地址信息、差错控制以及流量控制信息等。这样数据链路层就把一条有可能出差错的实际链路,转变成为让网络层向下看起来好像是一条不出差错的链路。

(3) 网络层。在计算机网络中进行通信的两个计算机间可能要经过许多个节点和链路,也可能还要经过好几个不同的通过路由器互联的通信子网。在网络层,数据的传送单位是分组或包,网络层的任务就是要选择合适的路由,使发送站的