



OHM 通信实用技术系列

通信协议技术

〔日〕丸山修孝 著
王庆译
钱城校



科学出版社
www.sciencep.com



CHM 通信实用技术系列

通信协议技术

（第1版）
王 强 编
人民邮电出版社



人民邮电出版社

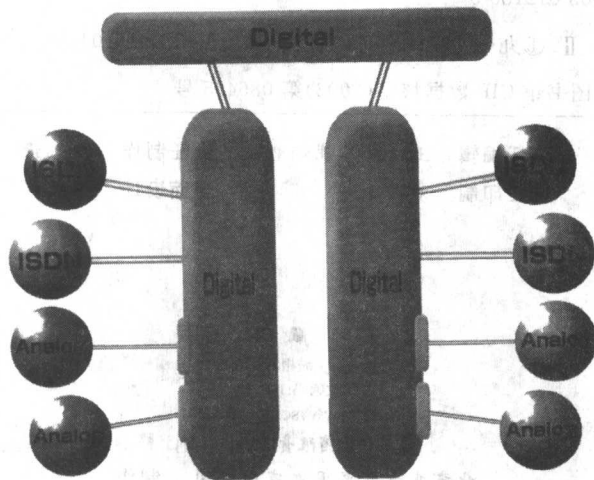
OHM 通信实用技术系列

通信协议技术

〔日〕丸山修孝 著

王 庆 译

钱 城 校



科学出版社

北京

图字:01-2003-3490 号

Original Japanese language edition

Wakariyasui Tsushin Protocol no Gijutsu

By Naotaka Maruyama

Copyright © 1997 by Naotaka Maruyama

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese version published by Science Press, Beijing

Under license from Ohmsha, Ltd.

Copyright © 2003

All rights reserved

わかりやすい

通信プロトコルの技術

丸山修孝 オーム社 2001

图书在版编目(CIP)数据

通信协议技术/(日)丸山修孝著;王庆译.—北京:科学出版社,2004
(OHM 通信实用技术系列)

ISBN 7-03-012180-5

I. 通… II. ①丸…②王… III. 通信协议 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 086495 号

责任编辑	王 炜 崔炳哲	责任制作	魏 谨
责任印制	刘士平	封面设计	李 祥

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2004 年 1 月第一次印刷 印张: 14 1/2

印数: 1—5 000 字数: 198 000

定 价: 29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

● 前 言

两三年前,如果说起我们周围的通信设备,那一定指的是模拟电话。但现在如果注意一下我们周围,就会发现 PHS(Personal Handyphone System,日本数字式无线电话系统,也称为无线市话,也就是中国的小灵通)、ISDN(Integrated Services Digital Network,综合业务数字网)等数字通信设备已活跃在我们身边。这使我们深深认识到,大约 30 年前开始研究开发的数字通信技术已经开始从网络中走出,终于应用到人们所使用的终端设备中了。

受这种技术发展的影响,最近很多技术人员涉入以往封闭的、只有部分技术人员涉足的通信技术领域。许多技术人员进入此领域,这是令人非常兴奋的事情。但遗憾的是,虽然很多人非常了解“ATM”、“帧中继”等新名词,但对于其本质,即协议中的基本要素技术等却没有充分的理解。

在学习通信的基本要素技术时,以下三点尤为重要:

1. 需要理解应用(语音、图像及计算机间的数据传输等)特性,以及希望获得怎样的通信特性;
2. 需要学习同步、编码等基本技术,并理解它们在通信技术中的重要性;
3. 需要理解多路复用技术及交换技术。

这三点并不是针对每个协议,而是要贯穿于所有协议,并充分理解协议的意义,这是非常重要的。通信方式可以分为同步传输、分组传输及 ATM 三大类,而且分析多路复用技术及交换技术在各种通信方式中的应用也是特别重要的。

本书以初级研究开发人员及网络系统工程人员为对象,针对上述的通信基本要素技术进行言简意赅的说明。同时对于应用于数据传输所必需的要素技术,也就是协议以怎样的形式实现等问题进行了说明。希望读者在读完本书之后,通过阅读协议说明书就能够理解在协议各要素中如何利用相应的技术。

最后,谨向在本书的写作过程中,曾给予我建议及帮助的 OHM 社出版部的各位表示衷心的感谢。同时也对在周末允许我面向计算机从事写作的妻子说声谢谢。

丸山修孝

● 目 录

绪 论

0.1 本书的目的	2
0.1.1 通信网络技术的动向	2
0.1.2 美国与日本的比较	2
0.1.3 本书的目的与适用对象	4
0.2 标准化机构	5
0.2.1 ITU-T	5
0.2.2 IEEE802	5
0.2.3 ANSI X3	6
0.2.4 ANSI T1	6
0.2.5 ISO	6
0.2.6 IETF	6
0.2.7 其 他	6

第 1 章 数据的种类与特性

1.1 语音数据的特性	10
1.1.1 何谓实时性	10
1.1.2 电话语音的编码与传输	10
1.1.3 电话语音传输的实时处理	13
1.1.4 语音的压缩	13
1.1.5 静音检测	16
1.2 图像数据的特性	17
1.2.1 静止图像数据	17
1.2.2 静止图像数据的压缩	18
1.2.3 运动图像的压缩	22
1.3 编码数据的传输特性	27
1.3.1 电子邮件	28
1.3.2 文件传输	28

1.3.3 数据库访问	29
1.3.4 控制系统	29
1.3.5 编码数据的共性	30
1.4 数据传输的综合研讨	30
1.4.1 通过多媒体化的数据的融合	30
1.4.2 多媒体数据的传输	31

第2章 数据传输的基础技术

2.1 异步通信与同步通信	36
2.1.1 异步通信	37
2.1.2 同步通信	39
2.2 时钟恢复	40
2.3 传输通道的编码	44
2.3.1 传输通道的编码与时钟再生	44
2.3.2 传输通道编码的实例及其效果	46
2.4 网络的层次模型	54
2.4.1 网络体系结构的历史	54
2.4.2 协议与业务	56
2.4.3 各层的意义	58
2.5 循环冗余码校验(CRC)	63
2.5.1 利用CRC的猝发出错校验方法	63
2.5.2 CRC的特征	66
2.5.3 伪随机码	68

第3章 同步传输模式

3.1 何谓同步传输模式(STM)	72
3.1.1 同步传输模式的应用	72
3.1.2 同步传输模式的特征	73
3.1.3 同步传输模式的实例	76
3.1.4 同步传输模式的规格	76
3.2 STM多路复用技术	77
3.2.1 1.544Mbit/s接口	78
3.2.2 ISDN基本接口	81
3.2.3 多路复用装置示例	84

3.3	STM 交换技术	88
3.3.1	STM 交换机	88
3.3.2	呼叫控制	92
3.3.3	拥塞控制	95
3.4	与 OSI 参考模型的关系	96
3.5	网络同步	97
3.6	“同步传输模式”与“电路交换”	97

第 4 章 分组传输

4.1	何谓分组传输	100
4.1.1	何谓分组传输	100
4.1.2	存储转发	102
4.1.3	校验功能	104
4.1.4	分组多路复用	106
4.2	以太网	109
4.2.1	以太网概要	109
4.2.2	MAC 子层	115
4.2.3	物理层	124
4.2.4	网 桥	135
4.2.5	以太网交换机	144
4.2.6	快速以太网	149
4.2.7	与其他局域网的比较	154
4.3	网络层与传输层	158
4.3.1	网络层与 IP	158
4.3.2	传输层与 TCP	164
4.3.3	STM 上的分组传输	175
4.4	分组传输模式小结	177

第 5 章 ATM

5.1	何谓 ATM	180
5.1.1	与 STM 及分组传输在技术上的比较	180
5.1.2	ATM 概要	182
5.1.3	ATM 交换机的概要	186
5.2	ATM 与流量	196

5.2.1	基本的思路	196
5.2.2	CBR	199
5.2.3	VBR	202
5.2.4	ABR 与 UBR	205
5.3	AAL 的作用	209
5.3.1	分组传输的实现	209
5.3.2	STM 的实现	212
5.4	信 令	215
5.5	ATM 的应用与效果	216
参考文献		219

最近，随着通信网络的飞速发展，ATM、帧中继、TCP/IP等各种与网络相关的词汇也随之出现。对于这些技术的基本原理，是已完全掌握了，还是只简单地卖弄几个新名词呢？在这样的疑问下，我们明确了出版本书的目的，即在本书中指出目前所用技术存在的问题，各章在说明通信协议的同时，也对制定各种通信网络协议的组织进行介绍。

0.1 本书的目的

◆ 通信运营商

carrier, 像 NTT 及 AT&T 这样的、提供通信服务的公司。

◆ LAN

Local Area Network, 局域网

0.1.1 通信网络技术的动向

十几年前,当人们说到正在应用着的通信技术时,一般是指以电话为中心的模拟技术。但实际上通信运营商的内部正在进行通信的数字化与高速化。例如,电话的交换机就是从 20 世纪 80 年代开始置换为数字交换机的。

这样的发展有两个原因,一个是随着微型处理器技术的进步,像交换机这样拥有复杂处理功能的设备,如果利用软件进行处理,无论在开发上还是在维护上,都比硬件处理的效率更高。因此通过微型处理器以及软件的利用,20 世纪 80 年代以来交换机在功能上有了长足的发展。另一个原因是通过语音的数字化处理,可以非常廉价地进行线路的交换及多路复用。

因此,虽然我们眼前的通信技术只应用于模拟电话,但与模拟电话连接的设备却实实在在地进步着。对于一般的用户来说,通信的最初变革是出现在我们周围的 LAN(局域网)。出现局域网以后,使得电子邮件等共享的网络文件得到应用,并且也改变了办公室的业务形态。实际上局域网以及分布式网络的应用有着悠久的历史,在 20 世纪 70 年代后半期,局域网就已经开始运行了,这样的分布式环境需要人手一台计算机,因此在条件成熟的 20 世纪 90 年代后半期,终于实现了这种分布式网络环境。

一旦构筑好人手一台计算机的局域网环境,就可以加快实现各种各样的应用,同时也会提出更高的要求。例如,是否可以在局域网上实现电话或者电视会议以及电视转播,或者在公共网上实现上述服务,也就是实现多媒体通信。

0.1.2 美国与日本的比较

随着科技的进步,在通信网络的世界中,涌现了各种各样的新技术。现在,通信网络的新技术大多是由美国最先发起

的,这有一定的原因。第一个原因是,在与网络相关联设备的市场方面,美国大约是日本的十倍,这样巨大的市场必然会促进技术的发展。美国的人口最多是日本的两倍,因此市场是日本的十倍的说不甚准确,但这样说的理由是,美国所有事情的运作都比日本早。譬如一个人拥有的计算机台数,美国就先于日本几年达到一定数量。要在办公室内导入局域网,办公室内所拥有的计算机必须达到一定的台数,因此,在美国局域网的导入也比日本早了数年。

随着美国办公室中局域网的大量导入,美国的局域网设备供应商不断生产出新的局域网设备,并随之不断进步。而且在此期间,供应商提出了一些新的协议,现在这些协议已成为通信标准。日本在开始导入局域网时,美国的局域网设备已经积蓄了数年的技术力量。日本的供应商不可能立即追上美国,因此就出现了接受美国的局域网供应商所提供的 OEM (Original Equipment Manufacturer,原始设备制造商)供给的形式,这是第二个原因。

第三个原因是技术人员的层次。与美国的研发(R&D; Research & Development)技术人员谈话,感触最深的是技术人员掌握了非常广泛的专业知识。当需要完成某一项目时,大家提出的不是一个解决方案,而是拥有各种不同教育背景的人员会提出许多不同的方案。这不但要求知识面宽,而且需要完全掌握各种技术的基本原理,在头脑中可以将各种技术原理融会贯通。在这样的情况下才会产生独特的新技术。

美国的技术人员具有很强的目的性,而日本的技术人员具有很强的程序性。在美国,人们都会朝着既定目标,提出自己最好的解决方案。因此人们会向标准化委员会建议新标准,或者采取与拥有某种技术的企业合作的方法。这样的环境氛围不会是通过某一个技术人员的努力来营造的,而是公司的管理者与高层人士也要懂得一定的技术知识才能培育出来的。

再者,虽然说是技术知识,但这需要掌握相当程度的技术基本原理。这样才不会误解别人的意思,才能做出象征一个企业意志的决定,才能为一个项目做出决定。在美国,不但企业的管理者、高层人士及 R&D 技术人员,而且被称为营销、技术服务、系统集成的技术人员也扎实地掌握了技术的基本

◆ 程序性

指在完成某项工作时,重视为达到目的所需要的程序,而非目的。

原理。

我们在开发通信相关产品时,总是将协议看得神圣不可侵犯。然而,实用中的协议是由人创造的,而且美国正在不断地形成新的协议。对于协议,难道我们不是一直被动的吗?我们难道不需要聚焦协议本身,研究协议为什么是这样的,为什么不应该是那样的?通过这样的学习,作为技术人员就会产生新的见解,就有可能思考使用新协议的方法。因此,我们需要掌握技术的实质,也就是技术的基本原理。

举一个具体的例子,以太网当初是用直径 1cm 左右的同轴电缆构成的,因此在办公室中敷设网络是非常辛苦的。有人利用光纤配置了一个星型网络,随后,又有人将光纤改成双绞线。这样网线的敷设成本大幅下降,同时也使布网工作变得简单。

还有,以太网虽然是由很多人共享 10Mbit/s 带宽,但是随着时代的进步,10Mbit/s 的带宽已不能满足人们的需要。这时有人就制作出以太网交换机,使每个利用以太网的人都可以享受 10Mbit/s 的带宽。而此时,以太网的用户却完全不必更改自己计算机的接口。这样构思系统的人绝对没有无视协议,而正是由于对协议形成的基础原理非常熟悉,才能将协议灵活运用。

同时,这样善于完善系统的人肯定希望与其他技术融合。利用光纤配置星型网络的技术人员肯定学习过光通信的基本原理,而导入双绞线的技术人员也一定充分理解了双绞线的特性等基本原理。同样,制作以太网交换机的技术人员也对网桥(也称桥接器)的原理及其硬件设备和软件的安装非常了解。

0.1.3 本书的目的与适用对象

在这样的背景下,本书是以通信技术的基本思路,也就是以理解基本原理为目的而写的,并不对特定的某种协议进行详细的解说。对于阅读过协议说明却仍不明白协议,以及想了解协议形成的基本原理的读者,可以阅读本书。本书的特点不在于传授特定的协议,而着重强调在通信中所利用的、共享的技术及其基本思路。

本书的目的不是如何利用协议,而是要理解各种协议所共有的功能,通过掌握协议与通信技术的基础知识,可以对通信技术有一个正确的认识,以便于为产生与通信技术相关的、独特的设想打好基础。

本书主要以下述读者为阅读对象:

- 通信相关产品的研究开发部门的初级技术人员;
- 与通信相关的系统集成人员;
- 通信相关产品的技术服务以及营销管理者。

0.2 标准化机构

大多数通信都是以某种标准规范为基础的。在本节,我们简要记述在本书中出现的标准化机构。本节的内容不很重要,也可以在后面的阅读过程中出现某一机构名称时,再来阅读本节。

0.2.1 ITU-T

ITU-T(国际电信联盟-电信标准协会)以前曾被称为 CCITT。ITU-T 主要对公共网所利用的协议进行标准化(建议化)。具体地说,就是对 ISDN、宽带 ISDN、调制解调器、帧中继、语音压缩方式以及用于电话会议的运动图像压缩方式等进行标准化。

从新日本 ITU 协会(财团)可以获取 ITU-T 建议。

0.2.2 IEEE802

IEEE802 委员会主要进行 LAN(局域网)的标准化。最初是对以太网进行标准化,以后又对令牌环(token ring)、令牌总线(token bus)、逻辑链路控制(LLC:Logical Link Control)、网桥(bridge)等也进行了标准化。而且单在对以太网的标准化中,又包括利用光纤的标准、利用双绞线的标准和 100Mbit/s 的标准等。由 IEEE 802 委员会标准化的标准需要由 ISO 进行标准化。

与 IEEE 802 相关的标准可从日本规格协会(财团)获得。

◆ ITU-T

International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector, 国际电信联盟-电信标准协会

◆ CCITT

International Telegraph and Telephone Consultative Committee, 国际电报电话咨询委员会

◆ IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers, (美国)电气与电子工程师协会

◆ ANSI

American National
Standards Institute, 美国
国家标准协会

◆ FDDI

Fiber Distributed
Data Interface

0.2.3 ANSI X3

ANSI X3 委员会制定了 100Mbit/s 局域网的标准之一——**FDDI**(光纤分布式数据接口)标准,这个标准也成了 ISO 的标准。

0.2.4 ANSI T1

ANSI T1 委员会进行各种与电信相关的标准化, 1.544Mbit/s 的 T1 线路及 155Mbit/s 等的高速同步线路的 SONET 等就是由该委员会标准化的。

0.2.5 ISO

◆ ISO

International Or-
ganization for Stand-
ardization, 国际标准化
组织

◆ OSI

Open System In-
terconnection, 开放系
统互连

由 ISO 规范的数据通信协议中首先要提的是与 OSI 相关的规范。OSI 是为进行数据通信而形成的协议,它不依附于设备的生产商。现在虽然 TCP/IP 已经成为事实上的**开放系统互连**的标准,但其所形成的阶层化概念以及记述方法都来源于数据通信的规范。另外,由 IEEE 802 委员会及 ANSI X3 委员会所标准化的规范位于 ISO 标准及 OSI 的低层。

包含由 IEEE 802 委员会所提出的规范的 ISO 规范可以从日本规格协会(财团)获得。

0.2.6 IETF

◆ IETF

Internet Engineer-
ing Task Force

◆ RFC

Request For Com-
ment

IETF(国际因特网工程任务组)开发了 TCP/IP 系列的协议,同时制定了 IEEE 802 及 ATM 等如何与 TCP/IP 连结的规范。IETF 所制定的规范是 **RFC**(因特网标准(草案))文档形式的开放规范,而 RFC 可以通过因特网获得。

0.2.7 其 他

当希望标准化某一协议时,将以美国为中心召集赞同这一协议的企业,形成一个团体,例如 **The ATM Forum**(ATM

论坛)。为了将以 ITU-T 为中心规范化了的 ATM 作为局域网络来使用,将以补充 ITU-T 规范的形式形成独自的规范。因为 IEEE 802 委员会每年只举办三次会议,所以为了加快规范化进程,成立了千兆以太网协会(Giga Ethernet Association)等。千兆以太网协会研讨的内容将在 IEEE 802 委员会上再次进行研讨,成为 IEEE 标准。今后类似这样的情况将会日益增多。