

互联网 工程任务组 聚焦的 前沿技术

◇ 许静芳 安捷 包丛笑 李星 编著

互联网工程任务组聚焦的前沿技术

许静芳 安捷 包丛笑 李星 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

互联网工程任务组聚焦的前沿技术/许静芳等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.2

ISBN 7-115-14226-2

I. 互... II. 许... III. 互联网络—新技术 IV. TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 150034 号

内 容 提 要

本书从介绍 IETF 的游戏规则入手, 第 1 章介绍了互联网和 IETF 的发展历史、IETF 内部的组织结构、IETF 工作组和会议的情况, 以及制定、修改 IETF 标准的过程。第 2 章从宏观上讲解互联网体系结构和相关标准。在互联网的体系结构和分层模型的基础上, 分别介绍网络接口层、网络层、传输层、应用层、网络管理和网络安全共六个层面的技术。对于每一层都从该层的基本原理说起, 然后介绍该层面的重要技术及 IETF 相关标准, 最后介绍 IETF 中与该层相关的工作组。第 3~8 章按照 IETF 工作组所属的研究领域, 逐个介绍互联网领域、路由领域、传输领域、应用领域、运行与管理领域、安全领域等 6 个领域, 每个领域中都介绍了属于该领域的工作组与前沿技术, 包括工作组的目标和任务、工作组主席、工作组代表性 RFC, 最后以作者的观点分析工作组未来的发展前景。第 9 章, 作者在分析互联网文化及 IETF 理念后, 提出自己对于中国参与互联网标准制定的思考与建议。

本书适合于从事互联网研究、开发的相关人员阅读, 也可作为高等院校本科生、研究生的互联网基础课程参考读物。

互联网工程任务组聚焦的前沿技术

-
- ◆ 编 著 许静芳 安 捷 包丛笑 李 星
责任编辑 陈万寿
 - ◆ 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>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15
字数: 360 千字
印数: 1—2 000 册

2006 年 2 月第 1 版

2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14226-2/TN · 2648

定价: 32.00 元

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

序言（1）

《互联网工程任务组聚焦的前沿技术》是一本由卓越的中国网络专家撰写的重要论著。李星教授等作者就什么是互联网工程任务组（即 IETF）及如何参与 IETF，总结了一系列重要的相关知识及经验。我曾经有幸与李星教授共事十余载，其间，李星教授在中国互联网建设中起到非常重要的作用并为很多互联网技术的发展及协议标准的制定做出重大贡献。而且他也不断为中国乃至全球的下一代互联网提出新的想法与见解。在这本论著中，作者们以其敏锐的洞察力剖析了 IETF 的组成、结构及工作内容，介绍了 IETF 的工作流程及 IETF 聚焦的核心研究方向。此著作鼓励更多的中国工程师和设计师们融入并参与到 IETF 中去。

作为最主要的制定互联网标准的机构，IETF 对互联网的发展起到了至关重要的作用。IETF 成立至今已经 30 多年，不断发展壮大。IETF 不像其他任何数字通讯领域中的标准化组织，它是建立在 MIT 的 David Clark 博士提出的文化理念上，“我们不相信国王，我们不相信总统，我们不相信选举，我们相信的是基本认可和可以运行的代码。”任何人都可在 IETF 中提出自己的想法，独立于他们所属的公司或机构之外，而最基本的前提是他们提出的是能够解决实际问题的有用的、可行的技术。IETF 创造了自己特有的运作模式，使得从想法到原型，再到实现，最后成为标准所需的时间较其他标准化组织大幅度缩短。IETF 鼓励有成果的创新和新概念的提出。作者们在书中详细介绍了 IETF 标准的制定过程，IETF 各个研究领域的热点问题，包括互联网、路由、传输、应用、操作与管理、安全等领域，以及每个研究领域的各个工作组。

以我在 IETF 工作多年并发表多篇互联网草案和 RFC 的经验，坦率地说我非常希望此书能够尽快地推出英文版，以便帮助我更好地追踪 IETF 的工作。幸运的是，对于中国读者来说，这件事情变得更加容易。我真诚地希望读者能够花一些时间阅读这本重要的著作，并希望它能激励读者参与互联网标准的制定和互联网技术的发展并做出贡献。

Tony Bates

思科公司资深副总裁兼互联网 POP 系统商务部总经理
RFC 2858, RFC 2796, RFC 2622, RFC 2283, RFC 2280,
RFC 2270, RFC 2260, RFC 1998, RFC 1966, RFC
1930/BCP6, RFC 1786 作者之一

Foreword (1)

The “Introduction to IETF-Working Groups and Technology Standards” is an important volume by one of the most pre-eminent networking experts within China. Professor Xing Li, etc. bring together an important set of knowledge and experience of what it means and how to participate in the major standards body of the Internet, known as the Internet Engineering Task Force or IETF. I have had the pleasure of working with Professor Li for more than a decade as he has played a key role in shaping the Internet within China and he has made major contributions towards many key technologies and protocols. He continues to drive new and innovative ideas for the next generation of the Internet not only within China but also on a global basis. By publishing this body of work within China, authors give deep insight into the makeup, structure and inner workings of the IETF. Their goal is to further de-mystify the process and educate the reader on the major areas of focus of the IETF. Thereby encouraging more and more Chinese engineers and architects to get involved and participate within the IETF.

The IETF was founded to act as the primary bodies for defining sets in internetworking standards that help evolve the Internet and have kept it scaling for over 30 years. The IETF is unlike any other standards body in the data communications industry and is based on a culture best summed up by Dr. David Clark of MIT who once said “We reject kings, presidents, and voting. We believe in rough consensus and running code.” The IETF is an organization where an individual represents his or her own ideas independently of the company or institution they are from and the base premise is to provide useful and practical technologies that solve real world problems. It has created its own way of doing things that has allowed it to move very rapidly from idea to prototype to implementation to standard at a far greater velocity than is typical in other standards bodies. It allows innovation to thrive and encourages new ideas to be brought forward easily. The authors explain the structure of this unique and individual standards process and details in depth, covering each key area of focus of the IETF ranging from the Internet, Routing, Transport, Applications, Operation and Management and Security areas of the IETF and the individual working groups within each area.

Having personally spent a number of years working within the IETF and publishing several internet drafts (the pre-standard documents) and Requests For Comments (final standards documents), I can honestly say I wish this book had been available sooner in

English to help me navigate the inner workings of the IETF. Fortunately for others this task has just become a lot easier. I would encourage the reader to take the time to read through this important text and hope it stimulates you to participate in and contribute to the Internet standards effort and continuing evolution of Internet technologies.

Tony Bates

Co-Author of RFC2858, RFC2796, RFC2622, RFC2283, RFC2280, RFC2270, RFC2260, RFC1998, RFC1966, RFC1930/BCP6 and RFC1786

Senior Vice President / General Manager of Cisco's Internet POP Systems Business Unit, Cisco Systems, Inc.

序言 (2)

互联网是人类文明史上的一大创举，它克服了空间的限制，从信息共享的意义上形成了地球村。从技术的角度来看，互联网已经部分实现了国际电联（ITU）对于未来宽带综合业务网（B-ISDN）所描绘的蓝图。就这一成就而言，互联网工程工作组（IETF）功不可没。只有参与 IETF 才有发言权，才可能对于互联网未来的发展有所影响。这本书是国内第一本系统介绍 IETF 的书，希望它的出版能够促进我国的网络研究人员和工程师积极参与 IETF 的工作，使我国对于互联网未来技术的发展有所贡献。

IETF 每年举行 3 次会议，目前已经举行了 63 届，该会议从一开始只有几十人参加到目前有几千人参加。此外，IETF 还有几百个邮件讨论组，每天进行技术讨论。IETF 会议完全是从下至上的结构，用 IETF 核心人物的话说，叫做“农村包围城市”。参加会议的人基本上是在第一线从事网络运行和网络设备研发的人员，有着丰富的实际经验。因此 IETF 的文本和标准较少官僚气息和空话，能够解决实际问题，具有生命力。

IETF 的工作程序体现了西方哲学的一个基本方法，即“用程序来保证结果的正确性而不单纯地追求绝对正确”。IETF 的工作组会议和邮件讨论组可能是最具学术民主的地方。不管是地位多低的工程师都可以对网络权威提出的草案品头论足。IETF 有句格言“我们不相信国王，我们不相信总统，我们不相信选举，我们相信的是基本认可和可以运行的代码”。这和“实践是检验真理的唯一标准”十分吻合。

IETF 的工作过程是开放的和透明的，所有的草案和工作组会议纪要都公布在 IETF 的网页上，任何人都可以参加邮件讨论组，缴纳注册费后都可以参加会议，发表意见。在此基本上没有专利和保密协议的限制，RFC 形成之后就成为人类共同的知识财产。IETF 的工作过程对于防止学术腐败也有可资借鉴之处。

IETF 的核心并不是形成了文档和标准（RFC），而是那些精彩的人物。我在若干年前曾经和美国的一位信息领域的重量级人物有过一次对话。我问他为什么第一代互联网会在美国诞生。他回答说：“美国重视基础研究。基础研究能够产生伟大的思想，更重要的是基础研究能够产生伟大的人物”。

IETF 是一个动态的过程，一个工作组的周期从 1 年到 3 年不等。在这本书里，我们介绍的是目前 IETF 工作组的状况，因此没有详细涉及有些在互联网协议中非常重要，但比较成熟的议题。希望读者充分认识到这一点，参考本书第 3 章并阅读其他的互联网文献作为补充。

IETF 具有强烈的历史观。互联网的文档（RFC）一经发布就不能被改动，哪怕是纠正拼写错误也不行，只能被未来的 RFC 所取代。因此互联网的技术发展过程是明晰可查的。同时

RFC 文档的基本格式是 ASCII 码，而不使用任何商业的文字处理程序的格式，因为今天最普遍的商业软件在几百年后也未必能够使用。

IETF 已经在全世界举行了 63 次会议（主要在美国，有若干次在欧洲，在亚太地区的日本和韩国也各举行了一次会议）。近年来国内每次都派出 10~20 人参加 IETF 会议，但 IETF 会议从未在中国举行。我曾经与 IETF 的核心人物进行过几次探讨，表达了在中国举行 IETF 的意愿。但遇到的一个问题是中国人目前参与 IETF 工作的太少。IETF 不是旅游会议，如果几千人浩浩荡荡来中国参加 IETF 的会议，中国只有几十人参加实质性的讨论，那是极大的劳民伤财。当然，派大批研究人员参加 IETF 会议对于我国目前的经济水平来说还是一个不小的负担，同时我国积极参与 IETF 工作组邮件讨论组的人也不多。看来网络技术实力不是吹的，要以扎扎实实的工作为基础。

我国目前已经成为世界上互联网的第二大国，发改委等八部委联合资助的中国下一代互联网（CNGI）项目为我国网络研究人员参与互联网的工作提供了极好的机会。我衷心希望这本书能够为我国参与 IETF 的工作，为我国参与并影响互联网未来的发展起到一点点作用。对于互联网还是那句老话，“我们不预测未来，我们创造未来”。

李 星
于清华大学

前 言

以互联网带动的以信息技术为核心的第四次世界新技术革命产生了新的技术时代，即信息时代，对经济社会生活产生了广泛的影响。这次技术革命已经形成为世界新的产业革命。互联网正在以前所未有的速度和广度影响着我们的社会、经济、文化、媒体、教育乃至国家政策。互联网取得的巨大成功依赖于使用基于 TCP/IP 的一系列协议，而 IETF 正是组织、制定、监督和开发互联网协议的国际标准化组织。

互联网工程任务组（IETF, Internet Engineering Task Force）是一个开放性国际机构，是研究互联网工程技术和发展的研究人员自发参与和管理的民间学术组织。从 1986 年至今，IETF 已经发展近 20 年，由早期的极少数研究人员的论坛发展为今天的国际互联网标准化组织，吸引着无数与互联网相关的研究人员、网络设计者、运行者、商家等个人与组织。几乎所有被人们熟知、现在正在互联网上运行的协议都出自于 IETF 制定的标准，IETF 以其独特的运作模式为互联网的发展做出了杰出的贡献。

IETF 的成功发展得益于其独特的理念——开放，自由，平等，共享，跨文化、跨地区等等。IETF 的氛围是自由平等的，每个参会者都勇于表达自己的观点，信息、知识在 IETF 中得到最大程度的共享，打破一切有形或无形的壁垒。

IETF 的成果是公开、透明的，各种形式的草案、RFC 记录着 IETF 的所有成果，且是免费的，可以随时在 IETF 网站上下载。

参加 IETF 会议的人员包括从事网络运行与网络设备开发的一线研究人员，他们有着深厚的技术背景及实际经验，同时也包括网络设备的经销商、网络服务提供商，他们最清楚市场的需要、现有技术的缺陷等。研究人员与市场销售人员的结合使得 IETF 的研究成果是有效的且是有价值的。可以说，互联网在 IETF 中诞生，在 IETF 中发展，今后也将一直在 IETF 中不断壮大。

然而，尽管每届 IETF 会议都有几千人参加，来自中国的参会者却非常少。这意味着什么呢？意味着中国从事互联网研究及运行的人员错失了与大师交流的机会，错失了参与制定互联网标准的过程。这无疑是让人感到惋惜的。所以作者希望借助这本书推动中国相关人士对 IETF 的重视，引起相关人士对 IETF 的兴趣，使得中国能够积极的参与到 IETF 中，从而推动中国的互联网事业的发展，乃至于在世界范围内做出作为世界第二互联网大国所应有的贡献。

正如参加任何一个群体一样，首先要了解它的规则，本书介绍了互联网及 IETF 的发展简史、IETF 的行为规则，以便于相关人士可以轻松地参与到 IETF 的研究活动中。同时，本书系统地介绍了互联网的相关知识，IETF 的研究内容，以便于研究人员更加清楚 IETF 的研究动态，能够做到有的放矢。真诚地希望本书能够对中国参与 IETF 的进程起到一点推动作用。

本书的部分灵感来自于清华大学 80 余名研究生的课堂讨论及作业，感谢他们对本书所做出的贡献。感谢研究生吴晟关于本书的资料整理工作。感谢黄永峰教授对本书的指导。

作 者

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 Internet 和 IETF 发展简史	1
1.2 IETF 组织结构	4
1.3 IETF 工作组	6
1.4 IETF 会议	10
1.5 IETF 标准的相关文档和制定规则	12
1.6 非标准类的相关文档和制定规则	16
1.7 RFC 在标准化过程标准级别的升级	19
1.8 标准的修正和引退	19
1.9 对标准存在意见分歧的解决方式以及请求	20
1.10 与其他标准的协调关系	21
第 2 章 互联网体系结构和相关标准	22
2.1 互联网体系结构和分层模型	22
2.2 网络接口层	24
2.3 网络层	26
2.4 传输层	32
2.5 应用层	34
2.6 网络管理	37
2.7 网络安全	39
第 3 章 互联网领域 (Internet Area)	42
3.1 基于低功耗个人无线局域网的 IPv6 协议工作组 (6lowpan)	42
3.2 动态主机配置工作组 (Dhc)	43
3.3 探测网络连接工作组 (Dna)	44
3.4 DNS 扩展工作组 (Dnsxt)	45
3.5 可扩展验证协议工作组 (Eap)	46
3.6 主机辨识协议工作组 (Hip)	47
3.7 数字视频广播协议工作组 (Ipdvb)	49
3.8 InfiniBand 接口协议工作组 (Ipoib)	50
3.9 弹性分组环接口协议工作组 (Iporpr)	52
3.10 IPv6 工作组 (Ipv6)	53
3.11 二层隧道协议扩展工作组 (L2tpext)	55
3.12 第二层虚拟专用网工作组 (L2vpn)	56
3.13 第三层虚拟专用网工作组 (L3vpn)	58

3.14 多播和任播组成员组工作组 (Magma)	60
3.15 移动 IPv4 工作组 (Mip4)	61
3.16 移动 IPv6 工作组 (Mip6)	63
3.17 移动 IPv6 中信令与切换优化工作组 (Mipshop)	65
3.18 网络移动工作组 (Nemo)	66
3.19 网络时间协议工作组 (Ntp)	67
3.20 具有身份认证的网络接入协议工作组 (Pana)	68
3.21 点对点协议扩展工作组 (Pppext)	70
3.22 端到端虚拟线模拟工作组 (Pwe3)	71

第 4 章 路由领域 (Routing Area) 73

4.1 双向通路检测工作组 (Bfd)	73
4.2 通用控制测量平台工作组 (Ccamp)	74
4.3 数据处理单元和控制单元分离工作组 (Forces)	75
4.4 域间路由工作组 (Idr)	76
4.5 中间系统—中间系统工作组 (Isis)	78
4.6 移动自组织网络工作组 (Manet)	79
4.7 多协议标签交换工作组 (Mpls)	82
4.8 开放最短路径优先内部路由协议工作组 (Ospf)	84
4.9 路径计算元素工作组 (Pce)	86
4.10 协议无关多播工作组 (Pim)	86
4.11 路由协议安全性要求工作组 (Rpssec)	88
4.12 路由领域工作组 (Rtgwg)	90
4.13 特定信源多播工作组 (Ssm)	91

第 5 章 传输领域 (Transport Area) 93

5.1 音频/视频传输工作组 (Avt)	93
5.2 避免阻碍的行为设计工作组 (Behave)	94
5.3 数据包拥塞控制协议工作组 (Dccp)	96
5.4 基于互联网技术的紧急服务内容解析工作组 (Ecrit)	97
5.5 电话号码映射工作组 (Enum)	98
5.6 互联网应急处理工作组 (Ieprep)	100
5.7 IP 性能测度工作组 (Ippm)	101
5.8 IP 存储工作组 (Ips)	103
5.9 IP 电话工作组 (Iptel)	105
5.10 媒体网关控制工作组 (Megaco)	106
5.11 中间件通信工作组 (Midcom)	108
5.12 多方多媒体会话控制工作组 (Mmusic)	109
5.13 第四版网络文件系统工作组 (Nfsv4)	111
5.14 未来信令协议工作组 (Nsis)	113

5.15	路径最大传输单元发现工作组 (Pmtud)	114
5.16	远程直接数据放置工作组 (Rddp)	115
5.17	可靠多播传输工作组 (Rmt)	117
5.18	健壮的报头压缩工作组 (Rohc)	118
5.19	可靠服务器池工作组 (Rserpool)	120
5.20	信令传输工作组 (Sigtran)	122
5.21	会话初始协议工作组 (Sip)	124
5.22	会话初始调查工作组 (Sipping)	125
5.23	语音服务控制工作组 (Speechsc)	127
5.24	PSTN/IN 请求互联网域业务的服务工作组 (Spirits)	128
5.25	TCP 维护及微小扩展工作组 (Tcpm)	129
5.26	传输领域工作组 (Tsvwg)	131
5.27	集中会议工作组 (Xcon)	132
第 6 章 应用领域 (Application Area)		135
6.1	Atom 发布格式与协议工作组 (Atompub)	135
6.2	跨区注册信息服务协议工作组 (Crisp)	136
6.3	电子数据交换及互联网集成工作组 (Ediint)	137
6.4	地理定位/隐私工作组 (Geopriv)	139
6.5	互联网消息访问协议扩充工作组 (Imapext)	140
6.6	轻量目录存取协议第三版修订工作组 (Ldapbis)	142
6.7	支持多样性服务环境的因特网电子邮件改进工作组 (Lemonade)	143
6.8	网络新闻传输协议扩展工作组 (Nntpext)	145
6.9	开放式可插入边缘服务工作组 (Opes)	146
6.10	“滤网”邮件过滤语言工作组 (Sieve)	148
6.11	针对即时通信和表示的 SIP 扩展工作组 (Simple)	149
6.12	Usenet 标准更新工作组 (Usefor)	150
6.13	电子邮件语音配置工作组 (Vpim)	152
6.14	万维网分布式授权工作组 (Webdav)	154
第 7 章 运行与管理领域		156
7.1	认证、授权和计费工作组 (Aaa)	156
7.2	基准方法论工作组 (Bmwg)	157
7.3	无线接入点控制及维护工作组 (Capwap)	159
7.4	分布式管理工作组 (Disman)	161
7.5	域名服务器运行工作组 (Dnsop)	162
7.6	全局路由运行工作组 (Grow)	163
7.7	针对存储的互联网和管理支持工作组 (Imss)	165
7.8	电缆数据网接口协议工作组 (Ipcdn)	166
7.9	IP 流动信息输出工作组 (Ipfix)	167

7.10	骨干网多播开发工作组 (Mboned)	169
7.11	IPv6 中的站点多宿工作组 (Multi6)	170
7.12	网络配置工作组 (Netconf)	172
7.13	IP 网络基础设施的安全能力工作组 (Opsec)	173
7.14	封包取样工作组 (Psamp)	174
7.15	RADIUS 扩展工作组 (Radext)	176
7.16	资源分配协议工作组 (Rap)	177
7.17	SNMP 配置管理工作组 (Snmppconf)	179
7.18	IPv6 运行工作组 (V6ops)	180
第 8 章	安全领域	183
8.1	注册与服务提供工作组 (Enroll)	183
8.2	入侵检测工作组 (Idwg)	184
8.3	扩展事件处理工作组 (Inch)	186
8.4	IP 安全协议工作组 (Ipsec)	187
8.5	简单网络管理中的综合安全模型工作组 (Isms)	189
8.6	网络密钥流通工作组 (Kink)	189
8.7	下一代安全编程接口工作组 (Kitten)	191
8.8	Kerberos 工作组 (Kbrwg)	192
8.9	长期存档与认证服务工作组 (Ltans)	193
8.10	第二代因特网密钥交换移动及多重连接工作组 (Mobike)	195
8.11	多播安全工作组 (Msec)	196
8.12	优质保密的公开规范工作组 (Openpgp)	197
8.13	PKI 在网络安全协议中的应用工作组 (Pki4ipse)	199
8.14	公钥基础架构工作组 (X.509)	200
8.15	安全可用信用证书工作组 (Sacred)	201
8.16	简单认证与安全层工作组 (Sasl)	202
8.17	安全远程登录工作组 (Secsh)	204
8.18	S/MIME 邮件安全工作组 (Smime)	206
8.19	网络事件日志安全工作组 (Syslog)	207
8.20	传输层安全工作组 (Tls)	209
第 9 章	对于中国参与互联网标准制定的思考	212
9.1	互联网文化	212
9.2	IETF 理念	216
9.3	思考和建议	217
附录 I	Iwg 和 Bgp 工作组发表的 RFC 文档	218
附录 II	IPng 和 IPv6 工作组发表的 RFC	220
附录 III	缩略语	222
参考文献		223

第1章 引言

互联网工程任务组 (IETF, Internet Engineering Task Force) 是一个开放性国际机构, 是研究互联网工程技术和发展的研究人员自发参与和管理的民间学术组织, 它以自己独特的运作模式为互联网的发展做出了杰出的贡献。

IETF 成立于 1986 年, 起初仅仅只是美国国防部高级研究计划署 (DARPA) 的网络 (ARPANET)、美国国防部数字网 (DDN) 和互联网核心网关系统的研究人员的论坛。今天, IETF 已经成长为一个有关互联网体系结构和各项技术的开放性国际化团体, 其成员包括网络设计者、网络操作者、网络提供商以及研究人员。

目前 IETF 的主要职责包括:

- (1) 定义互联网中出现的技术问题并提出解决方案;
- (2) 详细说明协议的发展或用途, 解决相应问题;
- (3) 向互联网工程指导组 (IESG, Internet Engineering Steering Group) 提出针对互联网协议标准及用途的建议;
- (4) 促进 IETF 技术成果向互联网社群的推广, 为各方人士包括研究人员、网络管理者、开发者、操作者及使用者等提供交流合作的平台。

IETF 不是一个公司法人, 不设理事会和委员, 也没有严格的成员概念。IETF 的机构是松散随意型的, 所有行为均以个人身份参加, 不是严格的成员形式; 工作过程是一个纯技术的过程, 没有政府干预, 不采用投票机制。IETF 遵循的基本原则是“基本认可和可以运行的代码”, 而不是虚幻的理论和不能健康运行的程序。

每年 IETF 召开 3 次会议, 自 1994 年以来, 每次会议为期约一周, 规模均在千人以上。其他时间的工作均通过邮件列表完成。IETF 所有文档均是公开的和透明的, 都可以在 IETF 的网页上查询 (相关网址见参考文献[1])。

1.1 Internet 和 IETF 发展简史

互联网取得的巨大成功依赖于使用基于 TCP/IP 的一系列协议, 而 IETF 正是组织、制定、监督和开发互联网协议的国际标准化组织。

由于互联网最早起源于美国, 20 世纪 80 年代末期和 90 年代世界各国的网络才开始跟着美国的脚步发展起来, 到 90 年代中期开始形成规模, 之后便出现了世界网络勃兴的局面。这里主要介绍美国互联网初期的发展情况, 这个阶段为整个互联网的发展奠定了坚实的技术基础和稳定发展的运行模式。IETF 正是在这种情况下应运而生的国际互联网标准化组织。

1.1.1 互联网发展简史

互联网起源于美国国防部（DOD）的高级研究计划署网络（ARPANET），是为研究分组交换技术的项目建立的。1969 年末，ARPANET 由加利福尼亚州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学和犹他州大学等 4 所大学的 4 台大型计算机采用分组交换技术、通过专门的接口信号处理机（IMP）和专门的通信线路相互实现连接。ARPANET 即为互联网的最早雏形。

ARPANET 发展迅速，1983 年 ARPANET 已连接三百多个节点，供美国各研究机构和政府部门用。之后 CSNET 和 NSFNET 等其他网络也建立发展起来，见表 1.1。

表 1.1 网络发展初期主干网变化表

年 代	ARPANET	CSNET	NSFNET
1969	50kbit/s	---	---
1976	50kbit/s	---	---
1983	50kbit/s	56kbit/s	---
1985	50kbit/s	56kbit/s	1.544Mbit/s
1988	50kbit/s	56kbit/s	1.544Mbit/s

在 ARPANET 迅速发展的同时，一些计算机研究人员也在小型网络上研究和试验互联网技术。美国国防部为磁聚变能（Magnetic Fusion Energy）的研究人员建立了 MFENet，为高能物理（High Energy Physicists）的物理学家建立了 HEPNet；美国国家航空航天局（NASA）为空间物理学家建立了 SPAN，以及 NSF 建立的 CSNET（如表 1.1 所示）用于学术和产业化的计算机科学研究组织；AT&T 基于 UNIX 操作系统建立了 USENET；1981 年 Ira Fuchs 和 Greydon Freeman 设计建立了 BITNET 等等。

除了 BITNET 和 USENET，其他的早期网络都仅限于内部学者使用，与其他的个人网络很难兼容。商业机构就寻求另外的技术解决方案，包括 Xerox 的 XNS、DECNet 和 IBM 的 SNA。直到 1984 年启动的英国 JANET 和 1985 年启动的美国 NSFNET（如表 1.1 所示）宣布：网络将服务于整个高等教育机构，不设特殊规定和限制。美国大学若希望得到美国国家科学基金 NSF 的资助来获得互联网的连接，有一个条件是，该连接必须对校园内所有合格的用户开放。

至 1990 年，Merit、IBM 和 MCI 组建了非营利性质的公司名为 ANS（Advanced Network & Services），在网络上开展研究活动。该公司很快提出了 T3（45M 线路）的网络方案，NSF 反应快速，采纳了新的网络主干网结构，1991 年底 NSF 所有网络节点以 T3 线路互连。与此同时，美国国防部停止了 ARPANET 的建设，由 NSFNET 主干网来替代了 ARPANET，原有的 50K 主干网 ARPANET 停止服务。由于 NSF 的鼓励和资助，很多大学、政府机构甚至私营的研究机构纷纷把自己的局域网并入 NSFNET 中。NSFNET 的正式运营以及实现与其他已有何新建网络的互联，使 NSFNET 主干网真正成为互联网的基础。1990 年后网络规模发展的变化见表 1.2。

表 1.2 1990 年后 NSFNET 的网络规模发展变化

年 代	CSNET	NSFNET	专 用 网 络
1990	56kbit/s	1.544Mbit/s	---

续表

年 代	CSNET	NSFNET	专 用 网 络			
1991	---	Partial 45Mbit/s	---			
1992	---	45Mbit/s	56kbit/s	1.544Mbit/s	---	---
1993	---	45Mbit/s	56kbit/s	1.544Mbit/s	45Mbit/s	---
1994	---	155Mbit/s	56kbit/s	1.544Mbit/s	45Mbit/s	---
1995	---	155Mbit/s	56kbit/s	1.544Mbit/s	45Mbit/s	155Mbit/s

NSFNET 对互联网最大的贡献是使互联网向所有学术单位开放。1995 年以来，NSF 决定逐渐淡出，每年削减 20%对 NSFNET 的经费，同时允许商业网利用 TCP/IP 协议提供商业服务。1995 年后，世界各国的互联网也迅速发展起来，真正形成了国际互联网的架构。

互联网协议随着网络规模的不断扩大，也进行自身的更新和完善。1970 年，网络工作组 (NWG) 在 S.Crocker 带领下完成了最初 ARPANET 主机对主机协议的开发，即网络控制协议 (NCP, Network Control Protocol)。在 1971~1972 年，ARPANET 完成了 NCP 在各个节点的安装使用。由于 NCP 协议的局限性，TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 协议替代 NCP 协议成为新的通信协议，并一直成功运行至今。

1.1.2 IETF 发展简史

互联网迅速发展的一个关键因素是对基础文档的开放使用，人人都可以自由获取这些文档，特别是协议的详细说明。这些协议文档在互联网发展过程中起到了举足轻重的作用。

在 ARPANET 的发展初期，大学研究机构里的互联网研究遵循了传统的学术研究思想：想法和方法的开放性，鼓励人们公开他们的想法和成果。而传统学术出版物在这一点上周期太长、速度太慢，跟不上网络发展的动态需求。

1969 年，S. Crocker 提出了征求意见稿 (RFC, Request for Comments) 文档机制，用于记录意见和笔记。这些记录成为网络研究者中间传递和交换意见的一种非正式的快捷方式，当意见一致时，便形成正式的详细说明文档。这样一个详细说明文档可以被各种研究小组使用和实施，为开展互联网研究工作和标准化的建立创建了一个良性发展的开端。经过发展，RFC 更专注于协议标准（对于“标准”的解释是：官方发布的详细说明），其中仍有一些信息性质的与 RFC 描述不同的想法和意见，或者提供协议和工程问题的背景信息。现在，RFC 被看成互联网工程和标准组织的“记录文档”。RFC 的开放使用规则极大地推动了互联网的飞速发展，与此同时，与互联网相关的各组织也逐渐发展起来。

1979 年，ARPA 组建了一个非正式的委员会——互联网控制和配置委员会 (ICCB, Internet Control and Configuration Board)，用于协调和引导互联网协议及体系结构的设计。1984 年 ICCB 更名为互联网顾问委员会 (IAB, Internet Advisory Board)。当时，IAB 的工作任务组如下（见参考文献[6]）：

- (1) 网关算法 (Gateway Algorithms);
- (2) 新端对端服务 (New End-to-End Service);
- (3) 应用结构和需求 (Applications Arch. and Requirements);
- (4) 私密性 (Privacy);
- (5) 安全 (Security);

- (6) 协同工作 (Interoperability);
- (7) 健壮性和生存能力 (Robustness and Survivability);
- (8) 自治系统 (Autonomous Systems);
- (9) 战术互连 (Tactical Interneting);
- (10) 测试与评估 (Testing and Evaluation)。

1986 年 5 月, 互联网顾问委员会 (IAB, Internet Advisory Board) 更名为互联网行动委员会 (IAB, Internet Activities Board), 在对原有任务组进行重新组合的基础上, 又成立了互联网工程任务组 (IETF) 和互联网结构任务组 (Internet Architecture Task Force)。第一任 IETF 主席是 Mike Corrigan (Defense Data Network)。从第四届 IETF 会议开始, Phill Gross 继任 IETF 主席, 1987 年第五届会议上, IETF 工作组开始建立。1992 年互联网协会 (ISOC, Internet Society) 成立, 自此, IAB 成为 ISOC 的技术咨询小组。互联网行动委员会 (IAB, Internet Activities Board) 重组并更名为互联网架构委员会 (IAB, Internet Architecture Board), 而 IESG (由各领域负责人及 IETF 主席组成) 和 IETF 在 Internet 标准制定中扮演非常重要且独立的角色。

随着网络的增多和扩大、用户的不断增加, 互联网的商业化不仅体现在竞争的私有网络服务开发中, 还体现在与研究团体一起开发协议和服务的标准文档并应用到互联网技术的产品商业化中。

80 年代初期, 由于看到买家的市场, 很多销售商把 TCP/IP 应用到他们的产品中。但是他们没有一个好的渠道去了解这些技术的工作方式以及用户如何在互联中使用这些技术。在缺乏一个信息获取和适当的培训方式的前提下, 1986 年 IAB 组织所有的销售商举办了一个为期 3 天的研讨会, 学习 TCP/IP 是如何工作的, 指出了目前的不足之处。发言人多数来自 DARPA 曾经开发这些协议并天天使用这些协议的研究单位。此次会议为销售商和研究人员创造了一个很好的信息沟通渠道, 销售者获得了技术信息, 关键的是了解了这些信息是开放的, 研究人员也悉心听取了销售商提出来的、原来没有想到的新问题。于是这种双向的讨论模式形成并持续了十几年。在商业化努力的过程中, 销售商参加每年的 IETF 会议, 共同讨论 TCP/IP 协议中的新思路, 为互联网的健康平稳发展群策群力, 寻求解决方案。

1.2 IETF 组织结构

在互联网的发展过程中, IETF 的组织结构也随之发展变化。

1986 年, IETF 成立之初, 其组织结构如图 1.1 所示。

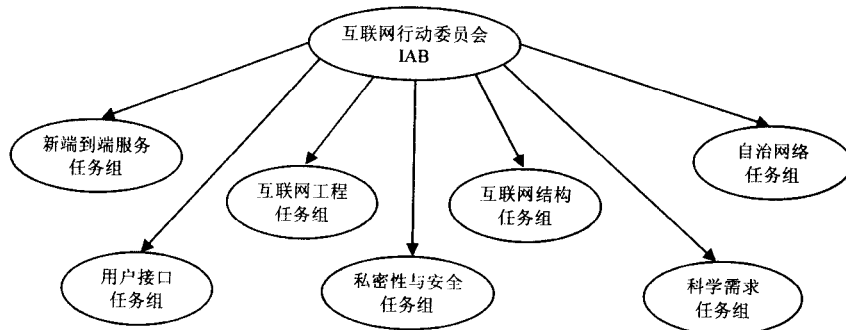


图 1.1 IETF 成立之初的组织结构