

国内第一本云计算网络书 重新设计互联网



云计算和大数时代 网络技术揭秘

徐立冰 || 著



本书部分内容曾在弯曲评论网站作为以“拨云见日”为标题的系列文章发表过，网友反响热烈。

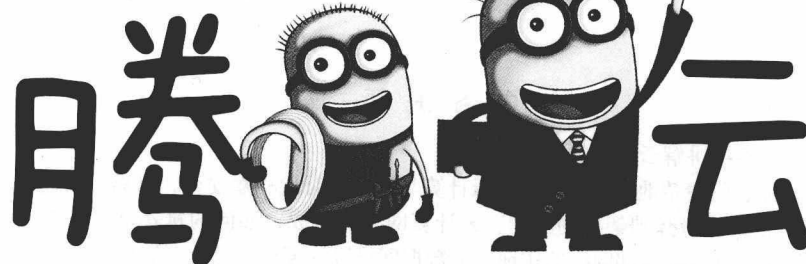
现在，加量10倍的“深度”强烈之书首次完整呈现！

云计算与大数据时代，网络技术人员必看！

TURING

图灵原创

云网络专家



云计算和大数据时代 网络技术揭秘

徐立冰 || 著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

腾云 : 云计算和大数据时代网络技术揭秘 / 徐立冰
著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2013.4 (2013.4 重印)
ISBN 978-7-115-31150-4

I. ①腾… II. ①徐… III. ①计算机网络 IV.
①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第040103号

内 容 提 要

本书是国内第一本系统讲解云计算网络的书籍。

通过阅读本书,读者将清楚地了解到如何在云计算与大数据时代构建安全、可靠、高速与灵活的网络。本书主要包括:云计算对基础架构的驱动、云计算网络的组成、如何构建安全可靠灵活的网络通道、虚拟化数据中心的扩张、外部和内部网络的实现、大数据网络设计要点,以及厂商解决方案等等。

本书语言通俗易懂,内容深入浅出,可作为云计算网络技术入门和提高阶段的自学、参考书籍。适合国内云计算网络、新一代网络建设、网络管理、系统集成行业的开发人员、技术工程师、售前与售后技术支持人员学习。

图灵原创

腾云——云计算和大数据时代网络技术揭秘

-
- ◆ 著 徐立冰
 - 策划编辑 陈 冰
 - 责任编辑 傅志红
 - ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800 × 1000 1/16
 - 印张: 19.5
 - 字数: 425 千字 2013 年 4 月第 1 版
 - 印数: 4 001 - 6 000 册 2013 年 4 月北京第 2 次印刷

ISBN 978-7-115-31150-4

定价: 59.00元

读者服务热线: (010)51095186转604 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

我真正系统地接触网络技术是从一本名叫《CCNA 学习指南》(Richard Deal 著)的书开始的,此书并不是思科的官方教材,在亚马逊网上书店的 CCNA 相关搜索结果中甚至排不进前三页。之后我又阅读了被誉为“网络圣经”的《TCP/IP 详解卷 1:协议》。

直到多年以后,我才意识到自己当初是个幸运儿,这两本书帮助我快速地建立起数据网络的理论框架,花最少的时间渡过了学习一门新知识最开始的那段迷茫、苦闷的阶段。《CCNA 学习指南》虽然名不见经传,但它同《TCP/IP 详解卷 1:协议》一起向读者诠释了优秀技术书籍应该具备的素质,即用最浅显的语言将复杂理论背后的逻辑直白地剖析出来,就好象杨振宁给大学生教授基础物理一样,通过生动、形象的语言将所有的现象最后都归结为几条基本的物理规律。只要掌握了这些基础规律,就能直接抓住事物的本质,以后即使碰到没见过的情況,也能快速分析出个大概,达到“授之以渔”的目的。

可惜的是,我发现那样优秀的书籍真是可遇而不可求,大部分技术书籍满足于描述现象,止步于探究逻辑。在中文技术书籍的领域,这样的情况更加严重。作为对未知抱有渴求的年轻人,在阅读了大量这样的技术文献后,脑袋里装满了各种规则和指标,对规则背后更深层的力量却仍然一无所知。这样的现象日复一日地在身边重复,直到有一天我突然问自己:“为什么不写一点自己喜欢看的东西呢?”。

我开始在国内很有影响的技术网站“弯曲评论”上发表一系列以“拨云见日”为题目的技术文档,主题是剖析当下热门的新一代网络技术。没想到这些文章收到了热烈的反响,“弯曲评论”的站长陈怀临先生也破天荒地表达了赞许。这让我有了更多的干劲,于是便诞生了把我知道的东西都写出来的计划。

而定下“云计算网络”的主题也是一个有趣的过程。云计算这两年快速发展,其中的网络技术是非常重要的基础,而与之对应的中文资料却非常少,即使偶尔有一两篇文章,也难成系统,大家都在很辛苦地盲人摸象。客观地说,目前引领网络技术发展的仍然是聚集在硅谷的一群高科技公司,碰巧我的工作能够接触到大量的前沿网络技术,同时又需要频繁地与用户交流他们的实际需求,这样的工作性质使得我可以以一个非常宽广且客观的视角来观察这个行业的技術发展趋势,说得通俗一点就是既有“望远镜”又有“放大镜”。手握这样的条件,我来撰写这个主题就具备了先天的优势,也许主观条件和客观条件同时就绪的人还真的不多,结果我的这本书就误打误撞成了国内第一本系统描述云计算相关网络技术的书籍。

然而，在真正开始写作之后，我才发现好书奇货可居的原因。了解一个道理是一回事，能将它讲出来则是另一回事，而要把它讲得漂亮并用书面语言形成于纸面上则又要高上几个层次。这需要作者自己首先理解到 120 分，然后才可能说出 80 分的道理。所以写作的过程对于我来说也是一个重新学习的过程，不断地质疑、推倒、重建，在这个学习过程中我再次深深地为那些经典的网络协议设计所折服，我在书中有意识地记录下这个过程，并急切地渴望通过文字把我对这些理论的理解同更多的人分享。

说回本书的内容，数据网络的真正爆发是近十几年的事情。在这十几年中，网络技术几乎是以百米冲刺的速度在跑一场马拉松，各种理论和协议标准层出不穷，这说明当前的网络架构远未达到完美，还有巨大的潜力可以挖掘。如果你在周五晚 7 点来到北京的国贸地区，最惹眼的不是繁华的城市霓虹，而是高架桥上一眼望不到边的蠕动着汽车尾灯。成千上万的车辆拥堵在城市主干道上，已经成为阻碍城市运转效率的痼疾。数据网络之于方兴未艾的云计算来说，正好像城市交通之于和谐发展。地铁早高峰时段的“人肉罐头”一日不解决，广大上班族的心头就一日不能轻松。我们今天面对着云计算的巨大潜能，如何能在网络技术上做好准备，迎接即将到来的浪潮之巅，是这个行业中每一个希望探得先机的从业者需要考虑和面对的问题。

这本书是我第一次持续这么长的写作计划，断断续续地拖了大半年。我必须感谢图灵公司的杨海玲和陈冰两位老师，没有他们的鼓励与帮助，我这个没有任何写作经验的菜鸟不可能完成这个庞大的计划；我要感谢陈漪，她在很多专业方面给了我非常多建设性的意见；我还要谢谢陈怀临老师开办的“弯曲评论”网站，这里是“拨云见日”启航的地方，也是国内少有的高含金量网络技术社区，本书就是试着实践其学习、分享的宗旨的一次尝试；我还要谢谢李聪的支持，没有李聪的支持和鼓励，本书不可能成形；最后，我还要感谢我在思科的同事，特别是我的三位老板孙伟、张斌和刘洋，他们在技术工作上表现出来的专业与敬业是我给这本书定下的标准。

尽管已尽最大努力，但由于个人的知识有限，本书在内容和编写方面难免存在疏漏和问题，欢迎大家批评指正。虽然我的写作难以达到《CCNA 学习指南》和《TCP/IP 详解卷 1：协议》那样的高度，但是我希望这本书能够成为中文技术书籍中的一本诚意之作，为有志于网络技术的朋友提供一点实实在在的帮助。

徐立冰

2013 年 1 月 27 日

目 录

第一部分 缘起篇

第 1 章 云计算的兴起	2
1.1 云计算的身世	2
1.1.1 “上古”时期，摩尔定律刚起步	2
1.1.2 从互联网大爆炸中诞生	4
1.1.3 接棒 Amazon	6
1.1.4 百花齐放的年代	7
1.2 云计算的 DNA	8
1.3 云计算的五大特征	10
1.3.1 自助式服务	10
1.3.2 通过网络分发服务	11
1.3.3 资源池化	12
1.3.4 资源的灵活调度	12
1.3.5 可衡量的服务	13
1.4 IaaS/PaaS/SaaS，它们都是什么	13
1.4.1 位于最底层，基础架构即服务——IaaS	14
1.4.2 IaaS 之上，平台即服务——PaaS	15
1.4.3 最上层，软件即服务——SaaS	15
1.5 各种云——私有云/社区云/公有云/混合云	15
1.5.1 私有云	16
1.5.2 公有云	16
1.5.3 社区云	16
1.5.4 混合云	17
1.6 云计算的独有优势	18
1.6.1 降低成本	18

1.6.2 扩展性	18
1.6.3 高可靠性	19
1.6.4 远程访问	20
1.6.5 模块化	20
1.6.6 高等级服务	21
第 2 章 云与网的关系	22
2.1 以数据中心为界，云计算网络的外延与内涵	22
2.2 外延——关注用户体验	24
2.2.1 可靠的网络	24
2.2.2 安全的网络	25
2.2.3 灵活的网络	25
2.3 内涵——关注系统效率，下一代数据中心的网络平台	25

第二部分 外延篇

第 3 章 安全的网络通道（一）——网络准入	28
3.1 为什么安全是云计算的基础	28
3.2 云计算安全的发展现状	29
3.3 网络在云计算安全防护中扮演的角色	30
3.4 网络准入的技术分类	31
3.4.1 二层准入	33
3.4.2 三层准入	36
3.4.3 客户端方式	39
3.5 二层准入 vs. 三层准入 vs. 客户端方式	40
3.5.1 二层准入的特点——成熟、实用	40
3.5.2 三层准入的特点——轻便、简单	42
3.5.3 客户端方式的特点——功能全面、无统一标准	44
3.6 最终用户需要什么样的方案	45
3.7 IT 部门需要什么样的方案	46
3.8 什么是完美的产品	46
3.9 虚拟桌面的机会	47
第 4 章 安全的网络通道（二）——网络加密	48
4.1 通过 VPN 隧道保证云计算的数据安全	48
4.2 VPN 技术选择——SSL PK IPsec	49

4.3	让 SSL 胜出的独门绝技	51
4.4	SSL 的技术实现	51
4.4.1	SSL 握手协议	52
4.4.2	SSL 记录协议	53
4.5	几种 SSL VPN 类型	54
4.6	SSL 的后续发展——DTLS/TLS	55
第 5 章	可靠的网络通道	57
5.1	云服务的用户体验与网络服务质量	57
5.2	为更好服务, 先对云计算流量进行分类	58
5.3	不同流量分类不同服务质量的设计方法	59
5.3.1	流量识别	60
5.3.2	流量标记	61
5.3.3	流量处理	65
第 6 章	灵活的网络通道	66
6.1	移动性是云计算网络的基本特征	66
6.2	现有解决方案——DNS 重定向	67
6.3	现有解决方案二——健康路由注入	70
6.4	对现有方案的改进——用 LISP 将位置与身份分离	71
6.5	LISP 的核心思想——Map-and-encap	72
6.6	LISP 的基本架构	73
6.7	LISP 的新包头	74
6.8	通过 LISP-ALT 实现可扩展网络	75
6.9	一个 LISP 转发实例	76
6.10	LISP 的应用场景	77
6.10.1	IP 终端的灵活移动	77
6.10.2	IPv6-IPv4 混合部署	79
6.10.3	多租户 VPN 环境	80
6.11	我们真的需要 LISP 吗	81

第三部分 内涵篇

第 7 章	支持虚拟化数据中心的扩张——TRILL/FabricPath 和 SPB	84
7.1	二层网络的困境	84
7.2	为什么传统二层网络不给力	87

7.3	FabricPath 的目标	89
7.4	FabricPath 的实现：新的控制平面	89
7.4.1	新增一个二层帧头	89
7.4.2	增加一套简化的 IS-IS 路由协议	90
7.5	第一个问题——为什么需要新的地址空间	90
7.6	FabricPath 的工作模式	91
7.7	第二个问题——现有技术不足够吗	92
7.8	TRILL——FabricPath 的公开标准	93
7.9	另一个 TRILL——SPB	95
7.10	TRILL vs. SPB	98
第 8 章	利用以太网传输存储流量——FCoE	102
8.1	存储与网络的关系	102
8.2	传统存储网络面临的挑战——布线与能耗	103
8.3	融合！FCoE 给出的解决方案	105
8.4	FCoE 的基本面	105
8.5	给以太网动手术——FCoE 的数据平面	107
8.5.1	PFC——不丢包以太网	107
8.5.2	ETS——灵活带宽调度	110
8.5.3	DCBX——与现有环境的兼容性	112
8.6	连接两个世界的 FIP——FCoE 的控制平面	113
8.6.1	FCoE VLAN 发现	115
8.6.2	FLOGI 注册和 FPMA	115
8.7	典型的 FCoE 网络架构	117
8.8	FCoE 架构中的两种设备类型	118
8.8.1	终结 FCoE 流量的设备——ENode	118
8.8.2	转发 FCoE 流量的交换机——FCF	119
8.9	FCoE 的演化——四种多跳 FCoE 方案	120
8.9.1	纯以太网模式	120
8.9.2	FIP Snooping 模式	122
8.9.3	NPV 模式	125
8.9.4	VE_Port 互联模式	126
8.10	一个 FCoE 数据帧的转发过程	127
8.11	FCoE 的标准化与市场化进程	129
8.12	iSCSI 行不行？非 FCoE 不可吗	130

第 9 章 连接虚拟机的交换机	133
9.1 为什么虚拟化数据中心需要一台新的交换机	133
9.2 仅仅在服务器内部实现简单交换是不够的	136
9.2.1 软件 VEB	136
9.2.2 硬件 VEB	137
9.3 识别特定虚拟机的流量——用 VN-Tag 为虚拟机打上网络标签	138
9.4 一个 VN-Tag 交换实例	142
9.5 基于 VN-Tag 的新一代网络设备	145
9.5.1 VN-Tag 网卡	145
9.5.2 VN-Tag 交换机	147
9.5.3 操作系统支持	148
9.6 VN-Tag 之外的选择——VEPA	148
9.6.1 标准版 VEPA	148
9.6.2 增强版 VEPA	149
9.7 VEPA 交换机扫描	151
9.7.1 HP 5900	151
9.7.2 Juniper QFabric	152
9.7.3 Juniper EX4500 和 EX8200	152
9.7.4 Extreme Summit X670	153
9.8 VN-Tag 与 VEPA 的交锋	154
第 10 章 虚拟化的最后一公里——虚拟化网卡	158
10.1 补齐虚拟化的最后一公里	158
10.2 什么是虚拟化网卡	161
10.2.1 什么是虚拟接入	161
10.2.2 什么是虚拟通道	161
10.3 利用 SR-IOV 实现虚拟化网卡	162
10.4 SR-IOV 的实践者——Palo	163
10.5 将 SR-IOV 带入现实的辅助技术	165
10.6 更加彻底的虚拟化——MR-IOV	166
10.7 后面的故事	168
第 11 章 数据中心互联设计——更广泛的二层网络	169
11.1 数据中心二层互联的需求	169
11.2 通过 VPLS 实现互联	171
11.3 一个 VPLS 转发实例	173

11.4	VPLS 的限制	175
11.4.1	缺乏对局域网的优化	175
11.4.2	依赖运营商资源	176
11.4.3	配置复杂	176
11.5	通过 OTV (上层传输虚拟化) 实现互联	176
11.5.1	OTV 的数据平面	177
11.5.2	OTV 的控制平面	177
11.6	OTV 对二层协议的优化	179
11.7	OTV 对三层网关的优化	180
11.8	OTV 环境下的多接入和流量负载均衡	180
11.9	OTV vs. VPLS	181
11.10	LISP 与 OTV 的关系	183
第 12 章	自定义网络——OpenFlow 与 SDN	184
12.1	通过软件定义网络——SDN	184
12.2	实验室中走出的 OpenFlow	186
12.3	OpenFlow 的系统模型	189
12.4	OpenFlow 交换机基本组成	192
12.5	两种 OpenFlow 交换机	193
12.5.1	OpenFlow 专用交换机	193
12.5.2	OpenFlow 兼容型交换机	194
12.6	OpenFlow 中央控制器	195
12.6.1	控制器的主动工作模式	196
12.6.2	控制器的被动工作模式	197
12.7	一个 OpenFlow 实例	197
12.8	构建标准化的网络设计标准——OF-Config	199
12.8.1	OF-Config 解决的问题	199
12.8.2	OF-Config 的功能描述	199
12.9	认识一下 OpenFlow 的近亲	201
12.9.1	分布式转发模块化交换机	201
12.9.2	远端板卡	202
12.9.3	Nexus 1000v	203
12.9.4	Open vSwitch	204
12.9.5	EEM	204
12.10	Google 的 OpenFlow 实践	206
12.11	网络厂家的 SDN 战略	208

12.11.1	NEC 的 OpenFlow 战略	209
12.11.2	HP 的 OpenFlow 战略	209
12.11.3	Juniper 的 OpenFlow 战略	210
12.11.4	Nicira 的 OpenFlow 战略	210
12.11.5	Cisco 的 OpenFlow 战略	211
12.12	SDN/OpenFlow 的前景	213
13 章	更大的云——VXLAN	217
13.1	VXLAN 要解决的问题	217
13.2	VXLAN 的新头部	219
13.3	VXLAN 的数据平面——隧道机制	220
13.3.1	隧道机制减小对现网的改动	221
13.3.2	隧道机制对快速变更的支持	221
13.4	VXLAN 的控制平面——改进的二层协议	221
13.5	纯 VXLAN 部署场景	223
13.6	VXLAN 与非 VXLAN 混合部署	224
13.7	一个 VXLAN 转发实例	225
13.7.1	第一阶段——ARP 请求	226
13.7.2	第二阶段——数据传输	226
13.8	VXLAN、OTV、LISP, 它们都有什么关系	227
13.9	Microsoft 的算盘——NVGRE	228
第 14 章	桌面虚拟化网络漫谈	230
14.1	桌面虚拟化的前身——远程桌面	230
14.2	虚拟桌面的诞生	231
14.3	虚拟桌面是怎样工作的	232
14.3.1	集中托管方式	232
14.3.2	远程同步方式	233
14.4	虚拟桌面的客户端类型	234
14.4.1	零客户端虚拟桌面	234
14.4.2	瘦客户端虚拟桌面	235
14.4.3	胖客户端虚拟桌面	235
14.5	一个典型的虚拟桌面后台架构	235
14.6	决定虚拟桌面的成败——用网络替代 VGA 线缆	237
14.7	虚拟桌面的核心网络技术——网络显示协议	238
14.8	网络显示协议三大要素	239

14.8.1	网络资源	239
14.8.2	用户体验	240
14.8.3	CPU 占用率	240
14.9	显示协议——兵家必争之地	240
14.10	老牌显示协议——RDP	241
14.11	显示协议的王者——HDX/ICA	244
14.12	后起之秀——PCoIP	245
14.13	HDX vs. RDP vs. PCoIP, 谁主沉浮	248
第 15 章	大数据网络设计要点	251
15.1	大数据的产生	251
15.2	全新的大数据	253
15.3	MapReduce 的原理	254
15.4	MapReduce 的业务流程	254
15.5	写入数据过程中的网络流量模型	255
15.6	MapReduce 算法过程中的网络流量模型	255
15.6.1	Map 过程	256
15.6.2	Shuffle 过程	256
15.6.3	Reduce 过程	257
15.6.4	OutPut 过程	257
15.7	读取数据过程中的网络流量模型	257
15.8	MapReduce 网络模型综述	257

第四部分 基石篇

第 16 章	怎样将服务器接入网络	260
16.1	ToR (柜顶接入) 和 EoR (列头接入)	260
16.2	从增加一台服务器到增加一个机柜的服务器	262
16.3	鱼与熊掌不可兼得?	263
16.4	Cisco 的提案——FEX 远端板卡	265
16.5	Juniper 的尝试——QFabric	267
第 17 章	VOQ 解密	270
17.1	头端阻塞是实现 DCE 交换机的障碍	270
17.2	利用 VOQ 防止头端阻塞	271
17.3	针对组播的 VOQ 设计	273
17.4	VOQ 的产业化发展	273

第 18 章 刀片服务器网络	275
18.1 刀片服务器渊源	275
18.2 刀片服务器同传统 ToR 接入的区别	276
18.3 把握刀片服务器的网络设计	278
18.3.1 直通模块	278
18.3.2 交换模块	279
18.3.3 集中接入模式	281
第 19 章 千兆不够，要万兆！	283
19.1 千兆到万兆的质变	283
19.1.1 万兆网络是 FCoE 的基础	283
19.1.2 更高的传输效率	285
19.1.3 助推虚拟化	287
19.2 万兆以太网标准现状	288
19.3 盘点万兆以太网交换机	289
19.3.1 Cisco Catalyst 6500	289
19.3.2 Cisco Nexus 7000	290
19.3.3 H3C 12500	291
19.3.4 H3C 10500	291
19.3.5 Juniper QFabric	292
19.3.6 华为 CloudEngine 12800	292
19.3.7 DELL Force10 E1200i	293
19.3.8 Brocade BigIron RX	294
19.3.9 Extreme X8	294
19.3.10 Arista 7500	295
19.3.11 AVAYA 8800	295
19.3.12 Alcatel-Lucent OmniSwitch 10K	296
19.3.13 锐捷 RG-S12000	297
后记	298

张其成讲书云 第一卷

Part 1

第一部分

缘起篇

第1章 云计算的兴起

云计算是一个内涵丰富而模糊的名词，说它丰富是因为云计算已经席卷了 IT 行业的方方面面，说它模糊是因为少有人能清晰地把握住它的本质。认识云计算是认识云计算网络的前提，本书将从剖析云计算的含义开始，带着大家认识云和云计算网络。

本章将由探究云计算的身世开始，逐渐揭开云计算身上的迷雾，带领大家认识云计算的特征，接着向大家介绍什么是 IaaS/PaaS/SaaS，以及公有云/私有云/混合云/社区云等几种云计算的类型划分，最后说明在企业 IT 环境中，云计算的优势何在。

如果你是一个心急的读者，你大可跳过第一章直接进入后面详细介绍网络技术的部分，但我还是推荐你花一点时间来熟悉云计算的基本概念，这不但将带给你更多的阅读乐趣，而且对更好地把握云计算网络的本质也大有帮助。

1.1 云计算的身世

今时今日，身为一个 IT 从业人员如果不能忽悠两句云计算，那简直是不可想象的！云计算的影响力已经席卷了各个角落，不管有没有关系的厂家都把自己的产品往云计算的大旗上靠，以赶上世纪初的这股潮流。这么看起来，云计算可以算是继个人电脑、互联网后的又一个革命性技术，将在未来数年内统领 IT 行业的发展方向，并改变我们使用信息技术的方式。

然而，你也许想象不到，今天大红大紫的云计算概念，实际上在上世纪中叶已经诞生了，经过几十年的发展，云计算已经从一个科学家脑海里对未来世界的畅想，落地为实实在在的产品影响着我们每天的生活。趁着这个机会，让我们先走进历史，回首云计算从孕育到成熟的过程。

1.1.1 “上古”时期，摩尔定律刚起步

上世纪 60 年代是一个百废待兴的时代，从东方到西方，所有人都提着一股“大干快上”的气势，民用领域的科学技术开始快速发展，计算机刚刚开始用上半导体器件，准备进入后来被称为“摩尔定律”的通道，一切的一切在今天的人们看来都充满着一种梦幻、复古的气息。

有时候你不得不承认人类的想象力是推动这个世界前进的内在动因，就在这个绝大多数人还没用过计算器的时代，来自斯坦福大学的科学家 John McCarthy 就表示“计算机可能变成一种公共资源。”这句话在当时听上去的效果，就好像杨利伟升空后马上有人告诉你火星房地产市场将会急剧升温一样，有着极度超前的逻辑。

John McCarthy 并不是唯一一个做出如此预测的学者，1966 年 Douglas Parkhill 在他的著作 *The Challenge of the Computer Utility* 中对这个理论有个更加具体的描述，他将计算资源类比为电力公司，并提出了私有资源、公有资源、社区资源等概念，类似动态扩展、在线发布等今天被频繁提起的云计算特性，在 Douglas Parkhill 的这本书中已经有了非常详尽的描述。

Douglas Parkhill 的理论还有一个更加具体的诠释者，著名的 ARPAN(Advanced Research Projects Agency Network ——高级研究计划署网络。这是世界上第一个数据包交换网络，是因特网的前身)负责人 J.C.R. Licklider 将计算资源与他熟悉的数据网络做了结合，提出了“从任意地点通过网络访问计算机程序”的设想。



John McCarthy教授在上世纪60年代就提出了云计算的概念

所有这些伟大的思想在那个泛黄的年代里碰撞、激荡，启迪了无数人对计算机朦胧的畅想。虽然提出这些基本概念的先辈科学工作者们并没有看到自己的思想落地生根，他们甚至不知道“云计算”这个特定的词汇，但是他们提出的这些理念非常明确地指明了计算机发展的方向，明确地说明了计算与网络相辅相成的关系。

从上世纪 60 年代的故事中，我们可以看到云计算不是一个偶然的技术产物，它是计算机技术演进的必然方向，是从计算机诞生第一天起就注定发生的技术革命。而数据网络作为分发服务的渠道，与计算资源的整合也是这个过程中必不可少的一环。