



IP视频监控百事通工具系列

网络的琴弦

玩转IP看监控

【宇视首席网络科学家周迪团队】
前华三头号专利达人主笔，监控网络一本就够

周迪 等著

诚意科普 行文通俗易懂，文科基础轻松掌握

循序渐进 老U和小U多样需求，故事构建各应用场景

超高人气 C114连载超30万浏览量，网络监控经典

实战检验 经480个平安城市、220家大型企业实证

时代同步 安全、云存储、虚拟化、大数据

中国工信出版集团

电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



IP视频监控百事通工具系列

网络的琴弦

玩转IP看监控

The aria of network: surveillance all-over-IP



周迪 杨正 王军 赵子华
任俊峰 关春天 赵晖 杜超华 著
余剑声 王连朝 王状春 曹璟

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

IP 视频监控百事通工具系列，由安防行业非常资深和具有丰富实战经验的网络团队执笔，将高深的网络理论通俗化为科普范本，使得复杂的网络知识不再是 IP 监控技术发展的障碍。本书结合若干小故事+真实问题，从监控业务应用者的视角，以单点监控、远程监控、连锁监控、行业监控、平安城市建设等典型组网案例为线索，依次提出需求和问题，阐述协议原理，并提供解决方案。本书逐一剖析了监控业务所涉及的网络特性原理和知识点，深入浅出，阐述到位，帮助读者从入门到精通。

本书语言通俗易懂，原理解析深入透彻，适合安防从业人员、计算机和自动化专业学子，以及监控知识爱好者阅读和参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

网络的琴弦：玩转 IP 看监控/周迪等著. —北京：电子工业出版社，2015.10

（IP 视频监控百事通工具系列）

ISBN 978-7-121-27288-2

I. ①网… II. ①周… III. ①计算机网络—视频系统—监视控制 IV. ①TN941.3 ②TP277

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 227684 号

策划编辑：李树林

责任编辑：李树林

印 刷：北京天宇星印刷厂

装 订：北京天宇星印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：28 字数：511 千字

版 次：2015 年 10 月第 1 版

印 次：2015 年 11 月第 2 次印刷

定 价：79.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

序(一)

开放、高效、灵活是网络的精神象征，掌握 IP 技术的经典，能给我们工作带来安全、可靠、可控的运行内核。《网络的琴弦：玩转 IP 看监控》是宇视公司独立运营 4 周年之际分享给业界朋友们的一份心血的积累，如果像最初所设想的那样——本书能成为安防从业人员的必备工具书，并能够指引 IP 网络工程相关人士的工作，这将是对我们十余年来一直坚持 IP 技术方向的最好嘉勉。

到目前为止，视频监控发展了 20 多年，IP 化研究应用也超过 10 年。传统安防趋势清晰，不仅 IP 监控发展如日中天，甚至在进行 IT 化的演进——IP 化已经实现数字化、网络化的技术变化；IT 化则强调数据化时代，需要更多立意与格局的呈现和实践。

在这个 IP 监控的朝阳时期，业界急需适合安防从业人员的 IP 网络科普资料：紧密围绕监控业务，对相关的 IP 网络知识做深入浅出且系统完善的阐述，以便指引传统安防人员和新入行者掌握相关的 IP 网络知识，理解这些知识的应用环境，并能独立定位和解决相关的网络问题。

周工（周迪）一直专注于 IP 网络和 IP 监控，带领团队精心梳理了 IP 监控及网络的知识体系，以工具书轻松呈现。一群热爱技术、有丰富实践经验的资深工程师，从 IP 网络到 IP 监控，在本书涉及的每个部分均有扎实的积累，以团队执笔来确保每个部分的专业性。

作为一本科普读物，将庞杂的知识体系化、结构化、数据化、图表化，并用故事串联起来，使得资深专家看了愉悦，菜鸟获得知识，所有人都有启发提升。同时，本书也力求将相关知识授人以渔，清晰地解析出协议的运行原理和算法基础。

本书凝结了我们超过 10 年的 IP 网络和 IP 监控的积累与实践，希望能助推 IP 监控快速地发展，复杂的网络知识将不再是 IP 监控技术发展的障碍。

Everything over IP.

宇视总裁兼首席执行官 张鹏国

2015 年 9 月

序(二)

本人从事安防监控行业 15 年，经历了模拟监控、数字监控及网络高清时代，深知安防监控行业的“多学科交织、专业跨度大”的特点，深感需要不断学习方可跟上行业快速发展的节奏。期间最大的困惑莫过于市场上缺乏相关的参考书籍，尤其当网络监控应用迅猛发展起来之后，安防人员普遍存在的网络知识匮乏这个短板逐渐暴露出来。虽然市场上单独讲解网络知识的书籍不少，但是真正将网络与视频监控结合起来的书籍寥寥无几，而众多企业则早早意识到了这个问题，通常会有针对性地对自家员工及合作伙伴进行“小灶式”网络知识的补给。

其实安防监控从业人员对网络知识的掌握不需要过于深入，重在实用。因为 IP 网络知识体系过于庞大，每个环节都可以细分衍生更多内容，既学不完，也没必要。安防监控从业人员需要这样的网络书籍：能够进行通俗易懂的网络知识系统化科普；能够将网络知识与监控应用紧密结合起来；能够让安防人员在进行监控系统的设计、规划、安装、调试、运维时有相应的网络知识支撑；能让安防人员在听到“路由表”“VLAN”“NAT”“生成树”“组播”“包转发”“网络规划”等网络方面的名词时，不再瞬间感觉头大而是镇定自信，知其然且知其所以然，足矣。

如今，值得安防从业人员庆幸的是市场上终于出现了这样的一本书：这是一群曾经在 IP 网络及视频监控领域战斗过的资深大牛合力而为的诚意之作。他们精通 IP 网络知识，也了解视频监控的特点及需求，更重要的是他们能够放低身段、静下心来，利用故事、图表等通俗易懂的方式进行系统化的讲解，层层解析、逐步梳理、脉络清晰、一气呵成。更值得一提的是，通常多人合力完成一本书最大的问题是可能各说各话、缺乏灵魂，从而导致前后章节不连贯甚至上下文自相矛盾，本书虽多人合力完成，但是剑指一处、思路连贯，实属难得。

本书从 20 世纪 90 年代末的模拟监控说起，以老 U 的休闲驿站的监控需求作为实际 CASE 进行需求分析及规划设计，立意新颖、形象生动、娓娓道来。首先讲述了模拟系统和 DVR 系统的局限性，然后进行了 IP 基础的“科普”，涵盖各种 IP 通信知识点，如 IP 地址、路由表、ARP 概念、包转发、单播组播、组网、DNS、PON、PoE 及云计算、大数据等，表达方式尽量去专业化的描述而力求语言通俗、容易理解。全书行文如流水，常引共

鸣连连。

需要注意，企业人员集体合力完成的书籍，难以避免让人感觉其出发点是展示该公司的品牌、产品、解决方案或者倾销企业的价值观，这种做法在 IT 行业很常见。这种以传道授业为掩护下夹带“私货”的行为让人反感，书的权威性也定会大打折扣。读完此书之后，本人为之前的武断臆测感到愧疚，因为全书完全站在安防行业客观中立角度进行阐述，彰显大气。

编写团队在 IP 网络及视频领域的知识储备与经验沉淀，团队人员的严谨而真诚的态度，企业致力于发展我国智能网络视频监控产业的信心，注定了能够成就这样一部优秀的作品，我完全有理由相信此书能够给安防监控从业人员带来巨大的帮助，相信很多人会受益匪浅。本人也希望将来有更多的企业团队或者个人能够产生优秀的书籍，百家争鸣，百花齐放。

《安防天下 智能高清视频监控原理精解与最佳实践》作者 西刹子

2015年9月9日

前 言

2015年春节，一位从事传统模拟监控产品销售和安装的朋友向我询问：有没一本合适的书籍，让他熟悉时下IP监控相关的网络知识，能独立定位和解决问题。虽然从事IP网络和IP监控十多年，我却推荐不出一本合适的教材。

其实也不奇怪，毕竟IP网络本身拥有一个非常庞大的知识体系，每一小块知识都足以编辑成为一本不薄的书籍。我所了解到的网络类书籍，或者偏向基础，适合作为工科类学生的教材；或者偏向专业化，针对某个专题。并且，此类网络书籍通常专注于网络知识本身，根本没有介绍与监控业务如何结合与运用，也缺少一个知识衔接的入门引导。

而另一方面，传统安防正在经历一个向IT化华丽转身的时期，IP监控体系发展得如火如荼，但熟悉IP网络的安防工程人才却极为匮乏，业界流传着对IP知识的诸多误解，导致组网设计欠合理，特性运用不到位，好东西不敢用，造成了很大的浪费。

有鉴于此，我决定着手创作一本适合IP监控研发、工程和销售人员的IP网络知识科普图书，并于今年夏天以“网语者”的ID陆续在“通信人家论坛”上做了部分连载，受到众多网友的肯定和鼓励，也得到了大家的很多帮助。书中虚构了一个休闲驿站，业主老U在企业运营的过程中需要不断扩大监控系统，其间出现了诸多需求和问题。我们借这个故事对监控相关的网络知识进行了层层解析和逐步梳理，读者借此可以情景化地熟悉相关网络技术的需求背景和运用技巧。

作为一本科普读物，我们力求语言通俗，比喻形象，原理阐述深入浅出，即使非工科出身的人士也能有收获。同时，我们力争将相关知识深入阐述到位，清晰地解析协议的运行原理和算法基础。

复杂的网络知识历来被认为IP监控技术发展的一大障碍，我们将十多年的IP网络和IP监控的知识积累浓缩于此，希望此书能成为IP监控快速发展的催化剂。此书同样适合作为IP网络工程相关同仁的入行指引。

特别申明，本书典型配置举例部分的命令行参照H3C设备。

感谢杨正、王军、赵子华、赵晖、任俊峰、关春天、余剑声、杜超华、王连朝、王



状春、曹璟等同事（本书编委会成员）作为各个细分领域的专家，一同精心编纂素材并分享个人的积淀；赵捷珍、刘方威、周欣如、徐锦阳、王盼、杨姣姣、何承娟、王黎黎、汪如霞、王智玉、刘静等同事在审稿过程中，提出了很多非常有益于阅读的改进建议。

感谢书评的各领域资深专家：C114 董事长夏旭岗先生，电子工业出版社总编辑、华信研究院院长刘九如先生，a&s《安全与自动化》杂志总经理、总编辑侍家骅先生——他们汇聚来自通信、IT、安防领域的勉励之声，也代表了我们的过往经历；潘国辉（西刹子）作为安防行业的科普先驱则带来诸多甘之如饴的帮助和建议。

感谢业界的同仁与合作伙伴：瑞朗总经理胡琼、迪普安全咨询部部长刘吉林、再灵电子总经理陈钢、中国移动研究员邓辉、旗翰总经理庄永军、三洲迅驰总经理朱峰、同方微电子技术总监丁义民、PetaWise 总经理 Dexter Liu、国家安全防范报警系统产品质量监督检验中心（上海）检测部主任赵贵华、副主任洪丽娟等众多朋友在工作中给予直言不讳的指导和帮助。

感谢学界的学者与专家：公安部第一研究所副所长陈朝武、全国安全防范报警系统标准化技术委员会（TC100）秘书长施巨岭和副秘书长张跃、中国人民公安大学赵兴涛教授、浙江大学谢磊博士、中国人民大学新闻学院匡文波教授、中国矿业大学教授王汝琳、中国传媒大学教授杨磊等老师，给予我们进步的理论力量。

感谢一线实战的老兵：谢会斌、邵冬珺、曾文彬、周斌、姚华等奋战在 IP 监控事业一线的专家，他们在各个项目交付中积累、总结的实践轨迹汇成技术理论最有力的实证，并给予我们在网络和安全方面工作的一如既往的支持。

感谢职业生涯中几位重要的主管：华为期间的黄波，华三期间的刘宇、李福胜，宇视期间的刘常康等同事给予了大力帮助和指导；感谢宇视董事长郑树生先生、CEO 张鹏国先生给予了充分的信任。

感谢我的家人：国浩律师（杭州）事务所李燕律师和周子容小朋友，给予了我时间上的充分眷顾。

感谢杭州和滨江给予我们最好的馈赠：本地人可能对杭州周边的一切享受习以为常，但初来者尤其感触这儿一流的环境——城市景区没有边界，躺倒在路边溪径，就能

享受花香虫鸣；随手指一个山头，定有隋唐古寺；公厕敞亮，而且是龙泉窑鱼洗；40家免费博物馆可比肩北京，而荟萃学术大拿；大街永远干净，24小时环卫保洁……这座城市的底蕴与现代，使得它特别适合做研究开发的基地。

感谢生命中所有的贵人馈赠我的一切！

宇视首席网络科学家 周 迪

2015年夏

目 录

1 | 第1章

老U的驿站监控

- 初遇监控 / 2
 - 模拟监控 / 2
 - 数字监控 / 3
- IP 监控改造 / 7
 - 网络摄像机 / 7
 - 网络硬盘录像机 / 8
- 以太网与交换机转发 / 11
 - 以太网 / 11
 - 转发原理 / 12
- 互联网与分层 / 13
- IP 与 ARP 解析 / 16
 - IP 地址 / 17
 - ARP 解析 / 17
 - 免费 ARP / 19
 - 触发机制 / 20
- VLAN / 22
 - VLAN 基础 / 22
 - 交换机处理 / 23
 - 组网实战 / 24
 - VLAN 基本配置典型实例 / 25
- 以太风暴与生成树协议 / 27
 - 以太风暴 / 27
 - 生成树协议 / 30
 - 生成树基本配置典型实例 / 36



路由表与路由转发	/ 40
路由表	/ 40
路由转发	/ 41
三层交换	/ 45
三层交换机基本配置典型实例	/ 47
视频码流与突发	/ 49
基本概念	/ 50
突发与缓存	/ 52
解决方案	/ 53
WLAN	/ 55
无线技术	/ 55
无线组网	/ 57
信道干扰	/ 58
PoE	/ 60
PoE 原理	/ 60
供电模式	/ 61
功率限制	/ 62
PoE 基本配置典型实例	/ 63
PLC	/ 64
PLC 简介	/ 65
PLC 的历史和工作原理	/ 65
PLC 应用场景	/ 65
PLC 监控方案介绍	/ 67

69 | 第2章

老U的远程监控

典型宽带上网架构	/ 70
ADSL 宽带	/ 70
PPPoE 原理	/ 72

- DHCP 原理 / 73
- DNS 原理 / 76
- DNS 高级特性 / 79
- NAT / 82
 - NAT 基础 / 83
 - NAPT / 85
 - NAT 映射表项与静态映射 / 86
 - 不同类型的 NAT / 87
 - ALG / 92
 - UPnP / 95
- DDNS / 100
 - 互联网 DDNS 方案 / 100
 - 安防 DDNS 方案 / 103
- P2P / 105
 - P2P 基本概念 / 105
 - 多层 NAT 穿越 / 106
 - 无法“打洞”的 NAT 组网 / 114
- 云端复制与 CDN / 119
 - 媒体转发服务器 / 119
 - 内容分发网络 / 120

124 | 第 3 章

老 U 的连锁监控

- 互联规范 / 125
 - GB/T 28181 / 125
 - ONVIF / 132
 - SDK / 136
- QoS / 138
 - 流量分类 / 140

拥塞管理	/ 144
拥塞避免	/ 148
流量监管	/ 150
流量整形	/ 151
QoS 实施	/ 152
QoS 基本配置举例	/ 153
监控存储基础	/ 155
硬盘基础	/ 155
硬盘接口技术	/ 158
RAID 技术	/ 163
常见存储架构	/ 175
网络存储的主要协议	/ 177
iSCSI 与 FC	/ 179
集中存储或分散存储	/ 180
监控存储方案	/ 182
直存方案	/ 182
缓存补录	/ 185
双直存方案	/ 186
N+M 备份方案	/ 187
路由协议	/ 189
路由基础回顾	/ 189
路由表	/ 193
静态路由	/ 197
动态路由概述	/ 200
RIP	/ 200
OSPF	/ 211
IS-IS	/ 222
BGP	/ 233
网络互联/VPN	/ 242

- 什么是 VPN / 242
- GRE / 246
- L2TP / 250
- IPsec / 255
- SSL VPN 隧道 / 261
- 其他 VPN / 267

274 | 第4章

小U 的行业监控

- 接入技术 / 275
 - 普通以太网接入 / 275
 - 普通长距离以太网接入 / 281
 - 双链路上行的高可靠接入 / 282
 - 光电串接接入技术 / 288
 - 以太环网 / 290
 - EPON 接入技术 / 296
 - EoC 接入技术 / 302
- 核心网 RPR / 306
 - RPR 环概述 / 306
 - RPR 的拓扑发现机制 / 309
 - RPR 的故障响应方式 / 310
 - RPR 与 RRPP 的异同 / 313
 - RPR 技术在视频监控中的应用 / 313
- 组播 / 315
 - 组播概述 / 315
 - 组播地址机制 / 318
 - 组成员关系管理 / 321
 - 组播路由协议 / 330
 - 组播监控应用 / 343

- 安全防范 / 351
 - 网络攻击 / 351
 - 应用层攻击 / 354
 - 网络防护设备 / 360
 - 认证接入 / 366
- 系统可靠性 / 383
 - VRRP / 383
 - 双机和 N+1 / 388
 - 堆叠 / 392
- IPv6 / 397
 - IPv6 地址表示 / 398
 - ICMPv6 / 401
 - DNS / 402
 - IPv6 和路由协议 / 402
 - IPv4 与 IPv6 兼容技术 / 402
- 云存储与虚拟化 / 411
 - 云存储概念 / 411
 - 云存储架构 / 412
 - U 厂商云存储介绍 / 413
 - 虚拟化 / 416
- 大数据 / 421
 - 大数据概念、意义 / 421
 - 大数据特征、原理 / 421
 - 大数据在视频监控中的应用 / 427

第 1 章

老 U 的驿站监控

谁绿柳堤岸沉思伫立，
谁西子湖中桨来篙去，
谁嫣然回眸红尘相遇，
谁兀自神伤茫然失绪……
都在我的视界里。

初遇监控

20世纪90年代末，不甘沉湎于波澜不惊的生活的老U选择了下海自主创业，利用自己的微薄积蓄在杭州风景秀丽的虎跑路旁开了一家自助休闲的驿站，供顾客喝茶、打牌、社交。

一天下午场歇时分，冬日的霞光透过南高峰浓郁的树林铺满整个阳光茶房。斑驳的光柱里冲进来一位神情焦虑的中年人，他是中午在此喝茶的顾客，刚才上公交车时突然发现丢失了钱包。虽然顾客没有坚持认定钱包丢失在驿站，但老U还是很难过，不仅替顾客，也替自己。

经过一宿慎重的考虑，老U决定给自己的驿站安装监控。当东方出现了一道红霞的时候，老U出发了，直奔经常在茶房喝茶的熟客老K开的小店。老U记得之前他们闲聊的时候，老K曾建议他安装一套监控系统，当时他还不以为然。

找到老K后，老U简单描述了昨天顾客在驿站发生的事情，请老K给他介绍一套适合驿站的监控系统。老K微笑着点点头：“监控的重要性一般都是在事情发生后才会引起大家的关注。既然你来了，我就向你简单介绍下视频监控发展的历程，然后再为你推荐适合的监控系统。”

轻轻抿了一口绿茶后，老K开始娓娓道来。

模拟监控

视频监控发展的历程经历了模拟视频监控阶段和数字视频监控阶段。模拟视频监控开始于20世纪70年代，又称为闭路电视监控系统，CCTV（Closed Circuit Television）。该视频监控技术主要以模拟设备为主，一般由视频信号采集、信号传输、切换和控制，以及显示与录像这几部分组成，如图1-1所示。