



装备科技译著出版基金

战术无线通信与网络

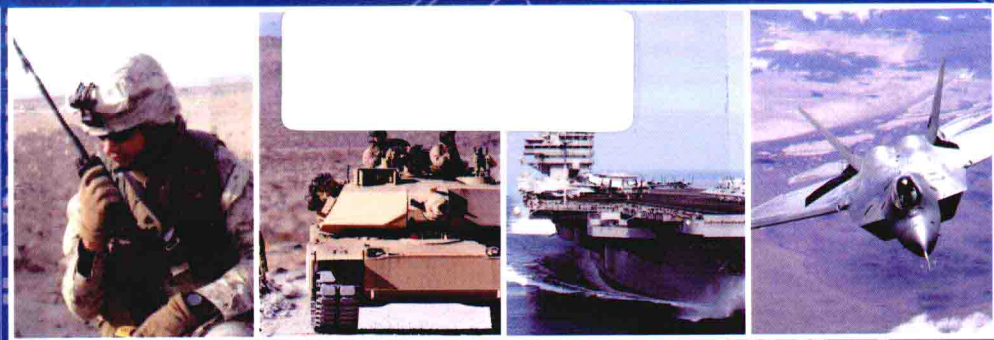
——设计概念与挑战

Tactical Wireless Communications and Networks

Design Concepts and Challenges

(美) George F. Elmasry 著

曾浩洋 田永春 译



WILEY



国防工业出版社
National Defense Industry Press



装备科技译著出版基金

战术无线通信与网络

——设计概念与挑战

Tactical Wireless Communications and Networks
Design Concepts and Challenges

(美) George F. Elmasry 著
曾浩洋 田永春 译

John Wiley & Sons Ltd

国防工业出版社

· 北京 ·

著作权合同登记 图字:军-2014-007号

图书在版编目(CIP)数据

战术无线通信与网络:设计概念与挑战/(美)艾尔马瑟瑞
(Elmasry, G. F.) 著;曾浩详,田永春译.—北京:国防工
业出版社,2014.1

书名原文:Tactical wireless communications and networks:
design concepts and challenges

ISBN 978-7-118-09351-3

I. ①战... II. ①艾...②曾...③田... III. ①战术通
信-无线电通信-通信网-研究 IV. ①E962

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第024013号

Translation from the English Language edition:

Tactical wireless communications and networks; design concepts and challenges by George F. Elmasry
ISBN 978-1-119-95176-6

© 2012 John Wiley & Sons Ltd

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons Limited. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with National Defence Industry Press and is not the responsibility of John Wiley & Sons Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons Limited.

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 18¼ 字数 342千字

2014年1月第1版第1次印刷 印数1—2500册 定价98.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

译者序

在军事通信中,战术通信网络是为保障战术兵团、部(分)队实施战斗指挥而建立的通信网络,包括野战地域通信网、战术电台网、数据链、综合移动通信系统、卫星通信系统等。战术通信网络以短波、超短波、微波、卫星等无线通信手段为主,各种通信手段结合并用,共同构建覆盖整个作战区域的高度机动、安全保密、抗毁抗扰、支持多种业务的通信网络,为诸军种、兵种遂行战术作战行动,实施战场信息传送与分发提供基本通信手段,其地位与作用在信息化条件下的战争中越来越突出,引起了世界上各军事强国的高度重视并得到大力发展。

进入 21 世纪,面向以网络为中心的新的作战样式,战术通信网络正在向立体覆盖、随遇接入、持续宽带、安全可信的陆海空天一体化网络发展,网络的体系结构和主要技术都在发生重大变化。现有的战术通信网络参考书籍较少,且大多相对孤立地介绍与战术通信有关的理论、技术或者系统,很难帮助读者对战术通信网络体系结构、技术难点形成整体的清晰认识,而本书从通用的计算机网络层次模型出发,成体系地介绍了战术无线通信与组网相关技术,对全面、深入理解和掌握该领域复杂的理论、技术具有非常大的帮助。

本书并没有对战术通信网络各协议栈层涉及的所有技术都面面俱到地进行描述,那样将导致内容非常臃肿。例如在网络层中,本书就完全没有介绍在其它书籍上随处可见的各种路由协议,而是重点研究了如何建立排队模型,以便读者能深入理解战术通信网络中导致阻塞的原因以及找到有效的解决办法。作者将研究重点聚焦到设计概念上,特别是开放体系结构和跨层设计优化理念,帮助读者深入理解协议栈中各个层次之间的关系,各种技术在不同协议栈层次上如何实现,以及跨层优化设计所面临的各种难题等,从而帮助读者在研究工作中建立起正确的整体设计概念。

开放体系结构有力推动了网络服务质量的提高和系统建设成本的降低,在商用无线网络中获得了巨大的成功。随着战术通信网络变得越来越复杂,同样面临采用开放体系结构的需要。本书提出了一种包容的战术无线网络开放体系结构模型,这个模型既适用于所有基于 IP 的战术波形,也适用于传统的战术波形;不仅能够满足当前的作战使用要求,也为今后的升级改进留下了足够的空间,能实现以较低成本集成各种各样的战术/商用无线通信手段来构建战术无线网络。该开

放体系结构模型有效地解决了战术通信网络的安全难题,实现了明文与密文 IP 层的有效隔离,在确保网络安全性的同时也支持跨层信令优化,给网络与安全的一体化设计带来了启发。

历史上,受军事斗争需求的牵引,军事通信技术的发展领先于商用通信技术。但近二十年来,商用无线通信网络技术取得了飞速的发展,许多发达国家都已普遍意识到在战术无线通信领域引入商用技术的重要性。与商用无线通信网络有所不同,战术无线通信网络不能依赖于任何固定的基础设施,需要适应复杂的电磁环境,且具有更高的安全性要求,面对军民技术共用、融合发展的大趋势,本书为战术通信网络领域的研究者指明了努力的方向。

本书作者乔治 F·艾尔马瑟瑞是战术通信网络领域的著名学者,该书凝聚了他二十余年在商用和军事通信领域的研究心得,涵盖了战术无线通信与网络的基础知识、战术无线电台的技术演进、战术通信网络的开放体系结构以及商用蜂窝移动通信系统在战术环境下的应用等方面。内容全面详实、视角新颖独特、观点富有启发性,是一本不可多得的参考书。

本书汲取了近年来战术无线通信与网络领域的众多研究成果,采用理论与实例相结合的方式,易于帮助初学者和工程技术人员理解复杂的概念,对读者学习、分析与借鉴国外最新的战术无线通信与网络技术具有很大的帮助,对战术通信网络的顶层设计、关键技术研究、通信装备研制以及系统集成建设具有重要的参考价值,希望本书的出版有助于促进我国战术通信与网络技术的发展。

本书的翻译工作由中国电子科技集团公司第三十研究所曾浩洋、田永春、李大双、杨震、肖飞、胡薇、谭齐、阳洋、乐强、任开明、隋天宇等人完成,曾浩洋对全书进行了统稿和审订,刘杰、景中源参与了全书的校对工作。在本书的翻译和出版过程中,国防工业出版社的王晓光老师给予了大量的帮助,在此表示衷心的感谢。

由于译者水平有限,译文中难免存在疏漏与不妥之处,敬请读者批评指正。

译者

2013 年 10 月

作者介绍

乔治 F·艾尔马瑟瑞(George F. Elmasry)博士出生于埃及,1985年在埃及亚历山大大帝大学获得电子工程科学学士学位,并分别于1993年和1999年在新泽西州技术学院获得电子工程硕士和哲学博士学位。他拥有超过二十年的商用和军事通信行业的从业经验,目前担任美国 DSCI——XPRT 解决方案公司负责人,该公司专注于研究和开发美国国防部赛博、指挥、控制、通信、计算机和战斗支持(C⁶)空间的通信系统。

艾尔马瑟瑞博士具有电子和计算机工程以及计算机科学等多学科背景,在包括科研、专利、著作、标准建议等方面拥有丰富的成果。他对商用和战术通信系统领域有着全面深入的认识,具备技术领导者和团队中高级管理者经验。艾尔马瑟瑞博士发表了50余篇论文并拥有多项专利,涉及网络管理、网络运作、服务质量与资源管理、网络和传送层编码、信源与信道联合编码、信源编码、大型网络建模与仿真、安全与信息保证、跨层信令、拓扑管理、多维交织以及扩展频谱通信等方面。

艾尔马瑟瑞博士自2003年起担任军事通信会议(Milcom)技术委员会成员,负责会议组织、论文评审、会议主席等工作。他同时也是电气和电子工程师学会(IEEE)高级会员、军队通信与电子协会(AFCEA)国际会员。艾尔马瑟瑞博士曾获奖无数,其中包括具有极高声誉、专为在电子和计算机工程领域取得卓越成就的优秀人才设立的桥本(Hashimoto)奖。

序

本书由乔治 F. 艾尔马瑟瑞博士编写,是战术无线通信网络领域的权威教科书。艾尔马瑟瑞博士是 DSCI 子公司——XPRT 解决方案公司总经理,是众多经过同行评议的论文、发明和专利的持有者,是本书主题领域内公认的权威。本书采用理论与实例相结合的方式,在战术无线通信网络论述方面为读者提供了全面的审视和独到的领悟。通过创作这本书,艾尔马瑟瑞博士成功地为网络工程师和科技工作者提供了透彻的、值得信赖的参考资料。

Steven DeChiaro
DSCI 公司首席执行官、董事长

前 言

在介绍设计概念和战术无线通信与网络的挑战之前,我认为有必要提及写作这样一个主题所面临的难题,即某些信息不能为公众领域所知并且不能纳入到本书内容中,还有一个难题是该领域内军事术语和大量的缩略语(甚至是缩略语的缩略语)的使用。工程书籍都是自然朴素的,因此我努力通过使用外行话的方式介绍概念,在探究技术细节之前让它变得易于理解。本书内容的组织方式既可在战术通信和组网研究生专业课程中发挥作用,也可作为本专业领域的参考书籍。

我自己的经历与许多工程师和科技工作者相同,即从20世纪90年代互联网繁荣时期的商用无线通信和网络领域,转移到世纪之交快速发展的战术无线通信和网络领域。我特殊的经历在于我参与了很多不同种类的项目,使我能够观察到战术网络更全面的景象,从而将我放在了能够挑战写作此书的位置。

本书在许多方面描绘了战术无线网络和商用无线网络的相互关系,目的是使读者认识到它们不同的要求、期望、需要以及信息保证限制等。我总是困惑于世纪之交时,为什么商用无线网络相比战术无线网络取得了更多的技术飞跃。历史上,在美国,基于国防的技术领先于商用技术数十年。互联网起源于DARPA项目,国防部网络先于学术界和商业界实体数十年实现网络连接。随着商业无线网络技术的飞跃发展,战术无线网络的期望值也不断增大并且未得到完全满足。如果一个士兵在日常生活中能够使用轻量化、功能强大的智能电话,那么同样的士兵就会对携带重达数磅并且功能和性能削弱的战术电台的必要性提出疑问。当今的战术无线网络,安全性能(如入侵检测、抗干扰等)的确胜过商用通信网络。但是,战术无线电台的应用性能与3G和4G无线通信终端所带来的商用能力很不相称。同样,商用无线通信服务的可升级性和成本削减看起来领先了数十年。受市场容量的限制,任何人都不会期望战术通信装备价格可以与商用无线终端价格相当。但是,我们希望商用无线技术的成功能够影响战术网络领域所采取的模式,以便达到节省费用的目的。由于资金可以转移到开发更先进的能力上面,因此降低费用将会引导技术的飞跃。

本书采用分解模型的方式介绍战术无线通信和网络,最终目标是想对通信专业研究生或者该领域的新手等不同类型的读者都能有所帮助。本书就像介绍商用无线通信和网络一样,从协议栈层次的角度介绍战术无线通信和网络,并指明了战术和商用模型之间的不同和相似之处。通过运用概念与设计的方法,如开放体系

结构和跨层信令,帮助工程师们更好地理解如何面对本领域的挑战。我希望通过将普通的战术无线网络节点问题分解为仅需在每一个协议栈层次处理的更小实体,从而帮助工程师和科技人员将战术网络的设计调整为更易驾驭的模型。我很长时间一直是战术无线通信组网开放体系结构的支持者,就绝大部分情况而言,我会采用开放体系结构模型框架的方式介绍战术无线网络。不管怎样,战术无线网络与商用无线网络是不同的,但是部分被商用模型证明成功的工程概念,特别是开放体系结构概念,能够适用于战术通信网络。

本书分为以下三个部分:

第一部分由4章组成,重点关注理论基础。第1章是引言,第2章讨论与战术无线电通信相关的物理层,第3章讨论数据链路层(DLL)和战术网络背景下的信息理论,第4章介绍应用于战术无线网络的媒体访问控制(MAC)和网络层,重点讨论排队论。

第二部分由3章组成,集中讨论研究战术无线电通信的演进。第5章中,以Link-16作为扩频和跳频电台的例子介绍传统的战术电台,也介绍具有IP联结能力的战术互联网。第6章介绍基于IP的战术电台相关内容,重点关注作为这一代电台代表的联合战术无线电系统(JTRS)和宽带组网波形(WNW),同时还介绍由战术互联网进化而来的全球信息栅格(GIG)愿景。第7章介绍作为下一代战术无线电的认知无线电。

第三部分由4章组成,专注于战术通信网络的开放体系结构模型以及战术和商用技术的无缝操作性。第8章介绍一种战术通信网络的开放体系结构模型。第9章详述这种开放体系结构模型的某些接口控制文件(ICDs),以及与商用模型的偏差,指出需要在不同的协议栈层次追加功能。第10章专注于将商用蜂窝移动通信系统技术集成到战术应用场景。第11章讨论战术通信网络中网络管理和网络运作所面临的挑战。

我真心希望本书可以帮助不同的读者更好地领悟战术无线通信和网络中的各种极其复杂的问题,同时也希望本书能对本专业领域的发展与进步做出贡献。

George F. Elmasry

术语表

2G	第二代
3G	第三代
3GPP	第三代合作伙伴计划
4G	第四代
ACK	确认
ADC	模数转换器
ADD	应用开发描述符
ADNS	自动数字网络系统
AFH	自适应跳频
AI	人工智能
AIM	高级信息安全机构
AMPS	先进移动电话系统
AN	空中网络
AoC	覆盖区域
API	应用编程接口
ARQ	自动重传请求
ASCII	美国信息交换标准编码
ASIP	高级系统改进计划
AWGN	加性高斯白噪声
BACN	战场空中通信节点
BER	比特差错率
BFSK	二进制频移键控
BGP	边界网关协议
BPSK	二进制相移键控
BSC	二进制对称信道
C2	指挥与控制
CAC	呼叫允许控制
CCSK	循环码移键控
CDMA	码分多址接入
CDS	连通支配集

CLS	跨层信令
CNR	战斗网络无线电
ComSec	通信安全
ConOps	作战概念
CONUS	美国大陆
CORBA	公共对象请求代理体系结构
CoS	服务等级
COTS	商用现货
CPFSK	连续相位频移键控
CPU	中央处理单元
CR	认知无线电
CRC	循环冗余校验
CRS	认知无线电设定
CS	连通集
CSDF	循环谱密度函数
CSMA	载波侦听多路访问
DAC	数字模拟转换
DARPA	国防部高级研究计划局
dB	分贝
DCD	设备配置描述符
DFA	动态频率接入
DGSN	分布式 GPRS 支持节点
DiffServ	区分服务
DISN	国防信息系统网络
DLL	数据链路层
DNS	域名服务
DoD	国防部
DPD	设备包描述符
DRSN	国防红色交换网
DS	直接序列
DS	支配集
DSCP	区分服务代码点
DSL	数字用户线路
DSN	控制集邻接点
DSP	数字信号处理器
DTV	数字电视

DVS	国防信息系统网视频服务
EACK	显式确认
ECE	显式拥塞预警
ECN	显式拥塞通告
ECT	ECN 能力传输
EDCA	增强型分布式信道访问
EF	加速转发
EGP	外部网关协议
EPLRS	增强型位置定位报告系统
ESP	封装安全载荷
FCC	美国联邦通信委员会
FCI	框架控制接口
FDM	频分复用
FDMA	频分多路访问
FEC	前向纠错
FH	跳频
FIFO	先入先出
FPGA	现场可编程门阵列
FSI	框架服务接口
FSK	频移键控
GDC	通用发现客户端
GDS	通用发现服务器
GGSN	GPRS 网关支持节点
GIG	全球信息栅格
GN	网关节点
GNU	不是 UNIX 的 GNU 操作系统
GPP	通用处理器
GPRS	通用分组无线服务
GPS	全球定位系统
GRE	通用路由封装
GSM	全球移动通信系统
GW	网关
HAIPE	高保证互联网协议加密
HDP	HAIPE 发现协议
HF	高频
HMS	手持、便携和小型化

HNW	高频段组网波形
HQ	司令部
Hz	赫兹
I/O	输入/输出
IA	信息保证
ICD	接口控制文件
IDL	接口定义语言
IdM	身份管理
IEEE	电气和电子工程师协会
IGMP	互联网群组管理协议
IMTS	改进的移动电话服务
INC	互联网控制器
InfoSec	信息安全
IntServ	综合服务
IP	互联网协议
IP v4	互联网协议第四版
IP v6	互联网协议第六版
IPSec	互联网协议安全
ISDN	综合业务数字网
JDIICS	联合国防信息基础设施控制系统
JGN	联合网关节点
JNMS	联合网络管理系统
JTIDS	联合战术信息分发系统
JTRS	联合战术无线电系统
kHz	千赫兹
LAN	局域网
LDAP	轻量目录访问协议
LPD	低检测概率
LPI	低截获概率
LSA	链路状态广播
LSDB	链路状态数据库
LSU	链路状态更新
LTE	长期演进
MAC	媒体访问控制
MANET	移动 Ad hoc 组网
M-ary	M-数组

MBAC	基于准入控制的测量
MBRM	基于资源管理的测量
MCDS	最小连通支配集
MDL	移动数据链路
MDS	最大距离分隔
MDS	最小支配集
MI	移动互联网
ML	最大似然
MPEG	运动图像专家组
MSEC	消息安全
MSE	移动用户设备
MSK	最小相移键控
MTS	移动电话服务
MTU	最大传输单元
NACK	否定应答
NASA	美国国家航空航天局
NCS	网络控制站
NCS - E	EPLRS 网络控制中心
NCW	网络中心波形
NetOps	网络运作
NIPRNET	非保密互联网协议路由器网络
NM	网络管理
NMS	网络管理系统
NP	非确定性多项式
NSA	国家安全局
ODMA	正交域多址接入
OE	运行环境
OFDMA	正交频分多路访问
OLSR	优化的链路状态路由协议
OQPSK	偏移 QPSK
OS	操作系统
OSI	开放系统互连
OSPF	开放最短路径优先
OTM	动中通
P2DP	封装 2 双脉冲
P2SP	封装 2 单脉冲

P4SP	封装 4 单脉冲
PBNM	基于策略的网络管理
pdf	概率分布函数
PIM	协议无关组播
PN	伪噪声
PoP	接入节点
POSIX	可移植操作系统接口
POT	简单老式电话
PPPoE	以太网上的点到点协议
PSK	相移键控
PUE	伪装主用户
QAM	正交幅度调制
QoS	服务质量
QPSK	正交相移键控
R&D	研究与开发
RBCI	基于作战 ID 的无线通信
RCC	无线电公用载波
RF	射频
RFC	请求注解, Internet 标准(草案)
ROCs	接收机运行特性
ROSPF	无线 OSPF
RS	里德 - 所罗门编码
RSVP	资源预留协议
RSVP - AGG	RSVP 聚合
RTCP	实时传输控制报文
RTP	实时协议
RTT	往返计时
SAD	软件配件描述符
SBU	非保密的敏感
SCA	软件通信体系结构
SCD	软件组件描述符
SCI	敏感的分类处理信息
SDR	软件定义无线电
SDU	安全数据单元
SER	符号错误率
SHF	超高频
XX	

SINCGARS	单信道地面和机载无线电系统
SIP	系统改进计划
SIP	会话发起协议
SIPRNET	保密互联网协议路由器网络
SiS	空中信号
SLA	服务等级协议
SMS	短消息服务
SNMP	简单网络管理协议
SNR	信噪比
SOA	面向服务体系结构
SOAP	简单对象访问协议
SoS	服务速度
SPD	软件包描述符
SPI	服务提供商接口
SPR	软件可编程电台
SRW	士兵无线电波形
STD - DP	标准双脉冲
TCG	战术蜂窝通信网关
TCP	传输控制协议
TDMA	时分多路访问
TH	跳时
TI	战术互联网
TMG	战术多网网关
TOC	战术作战司令部
ToS	服务类型
TransSec	传输安全
TS	最高机密
TSEC	传输安全
UCDS	统一连通支配集
UDP	用户数据报协议
UHF	超高频
U - MAC	通用媒体访问控制
UML	统一建模语言
UMTS	通用移动电话系统
USAP	统一时隙分配协议
USB	通用串行总线

USRP	通用软件无线电外设
UWB	超宽带
VHF	甚高频
VoIP	IP 语音
WAN	广域网
WIN - T	战术级作战人员信息网
WNW	宽带组网波形
WRAN	无线区域网
WSGA	无线系统遗传算法
XML	可扩展标记语言