



国际信息工程先进技术译丛



WILEY
www.wiley.com

环境网络：支持下一代无线业务的多域协同网络

**Ambient Networks
Co-operative Mobile
Networking for the Wireless
World**

(德国) Norbert Niebert

(德国) Andreas Schieder

(瑞典) Jens Zander

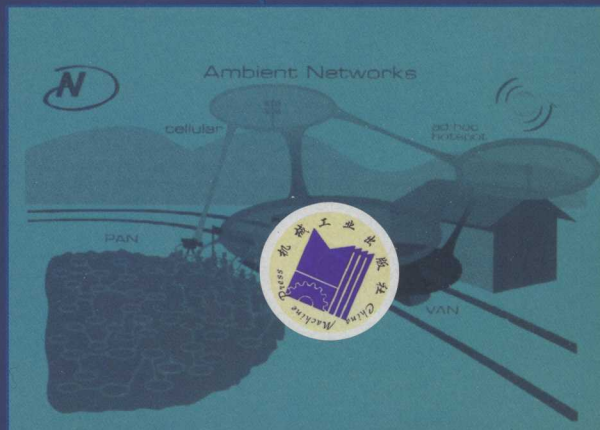
(英国) Robert Hancock

等著

李勇 张兴 译

王文博 审校

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

环境网络：支持下一代无线 业务的多域协同网络

(德国) Norbert Niebert

(德国) Andreas Schieder

(瑞典) Jens Zander

(英国) Robert Hancock

等著

李 勇 张 兴 译

王文博 审校



机械工业出版社

未来的无线通信系统中将使用各种不同的无线通信技术,用户也将通过各种类型的用户设备来访问异构的无线通信网络。对于用户而言,希望无论使用何种接入技术均能获得丰富的无线通信业务。环境网络提出的目标就在于能够更好地支持异构网络之间的即插即用,从而更为有效地利用各种网络资源,并且从商业的角度上更好地支持无线通信市场中的各种竞争和协作模式。

本书首先讲述了环境网络的总体概念和体系结构,其中重点介绍了环境网络体系结构中的两个基本特征,即环境控制空间和环境分层模型;然后介绍了环境网络总体概念中的一些具体技术,包括安全性、网络合成、通用环境网络信令、多无线接入、移动性管理、覆盖网络、上下文感知和环境网络管理。本书为无线网络的未来发展和应用提供了全新的视角。

本书可供高等院校电子、通信、信息处理、计算机等专业的高年级本科生或低年级研究生使用,也可供这些领域的工程技术人员、行业分析人员和管理人员参考。

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Ltd.

This translation published under license.

Original English language edition copyright © 2007 by John Wiley Ltd.

Simplified Chinese Translation Copyright © 2009 by China Machine Press.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版,未经出版者书面允许,本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有,翻印必究。

本书版权登记号:图字 01-2007-4188 号

图书在版编目(CIP)数据

环境网络:支持下一代无线业务的多域协同网络/(德国)涅博特(Niebert, N.)等著;李勇,张兴译. —北京:机械工业出版社, 2009. 1

(国际信息工程先进技术译丛)

Ambient Networks Co-operative Mobile Networking for the Wireless World

ISBN 978-7-111-25105-7

I. 环… II. ①涅…②李…③张… III. 无线电通信—通信网 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 140426 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:顾 谦

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:马精明 责任印制:乔 宇

北京中兴印刷有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·18 印张·349 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-25105-7

定价:40.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379178

封面无防伪标均为盗版

译者序

从传统的观点来看,无线通信网络的发展以无线传输技术的升级换代为标志,并伴随着越来越高的链路传输速率,而各种无线通信技术的发展和并存也带来了无线通信网络的异构化和无线通信业务的多样化。考虑到无线通信的未来发展,如何在日益复杂的商业环境中更为有效地利用不同网络的资源,更好地支持异构网络之间的融合和竞争,这对于无线通信系统的网络层功能提出了新的挑战。

环境网络研究项目是欧盟第六框架计划下的一项大规模的合作型研究项目,它针对现有第三代移动通信网络之后将涌现出来的未来无线通信系统进行研究,并提出了环境网络这一全新的概念,从而在未来的移动及无线通信网络之间提供更佳的网络互连技术手段。环境网络的核心概念为网络合成,通过它来应对未来网络环境所具有的高度的动态性,其设计目标在于将统一的网络互连概念应用于异构的网络环境当中,而这些异构网络之间可以具有不同的无线技术、业务及网络环境。通过在不同的市场参与者之间定义所需的接口,将能够更好地支持他们之间的竞争及协作,并支持即时的协议协商。

环境网络研究项目分为两个阶段。在第一阶段中,主要建立环境网络的基本概念及结构框架,而第二阶段则对前一阶段的研究成果进行了验证,通过原型系统对在一些典型的网络场景中应用环境网络这一概念的可行性进行了研究。此外,3GPP也正在对网络合成这一概念进行标准化。

为了能够有助于国内的读者更好地了解环境网络这一全新的网络发展动态,由机械工业出版社引入了该书的中文版权。本书主要由李勇博士和张兴博士翻译,王文博教授对全书进行了审校。另外,参与本书资料整理和部分翻译工作的还有王春忆、陈明佳、刘萍慧、张翔、孔佳、赵新洋、刘铁军、纪江峰、王月新、陈宜杰、杨常青、张倩倩、程昱、杨超,在这里表示衷心的感谢。需要说明的是,本书是译者在尽量忠实于原文的基础上翻译的,书中所述观点并不代表译者及其所在单位的观点,这点请广大读者注意。另外,由于环境网络涉及无线通信、计算机、信息安全等诸多领域,且译者水平有限,加之时间仓促,另有一些新的专业词汇在国内尚无统一译法,错误和不妥之处在所难免,欢迎读者指正。本书的翻译得到了国家 973 项目“多域协同宽带无线通信基础研究”

(2007CB310602) 基金的支持, 在此表示感谢。

未来无线通信的最高目标是用户能够在任何时间、任何地点以简捷易用、经济高效的方式来使用各种丰富的通信业务。希望本书会对我国的广大研究者和技术人员有所帮助。

译者

2008年10月

原书致谢

本书的出版问世基于欧盟第六框架计划 (6th Framework Programme) 下的环境网络 (Ambient Networks) 研究项目^[7]中所取得的研究成果。作为本书的作者, 我们首先要感谢来自欧盟委员会的支持和鼓励, 他们为环境网络这一研究项目的开展以及本书的写作提供了大量的帮助, 其中, 我们特别要感谢项目主管 Andrew Houghton 先生卓有成效的工作。

对于环境网络这一崭新构想的深入研究, 既需要来自产业界的广泛支持, 也需要来自学术界的创新思维。各大知名厂商以及研究机构的加入, 推动了环境网络研究的蓬勃发展。在此, 我们再次感谢他们的大力支持。首先是爱立信 (Ericsson) 公司 (瑞典), 他们承担了项目协调的重任; 然后是来自电信产业界的合作伙伴, 包括阿尔卡特 SEL (Alcatel SEL) 公司 (德国)、Critical 软件公司 (葡萄牙)、朗讯 (Lucent) 子公司 (德国及英国)、NEC 欧洲子公司 (英国)、诺基亚 (Nokia) 公司 (芬兰)、松下 (Panasonic) 欧洲实验室 (德国) 以及西门子 (Siemens) 公司 (德国); 另外, 戴姆勒-克莱斯勒 (DaimlerChrysler) 公司 (德国) 为来自用户消费市场的合作伙伴; 来自运营商及其研究机构的合作伙伴包括英国电信、DoCoMo 欧洲通信实验室 (德国)、ELISA (芬兰)、法国电信、荷兰应用科学研究组织 (TNO)、Telefonica (西班牙)、Telenor (挪威)、TeliaSonera (瑞典)、意大利电信 (Telecom Italia) (意大利)、沃达丰 (Vodafone) (英国); 来自研究机构的合作伙伴包括瑞典计算机科学学院、德国亚琛工业大学、匈牙利布达佩斯科技经济大学、德国弗朗霍夫应用科学研究促进协会、葡萄牙波尔图电脑与系统工程研究所、瑞典皇家理工学院、德国柏林工业大学、英国伦敦大学学院、西班牙坎塔布里亚大学、意大利费拉拉研究协会、英国萨里大学、芬兰技术研究中心; 最后我们还要感谢来自欧洲以外的国家及地区的合作伙伴, 他们包括摩托罗拉 (Motorola) 日本子公司、澳大利亚国家信息通信技术中心 (新南威尔士大学)、加拿大渥太华大学以及加拿大康考迪亚大学。

毫无疑问, 本书的最终问世要归功于那些贡献想法和提案、那些在讨论中不断取得共识, 以及那些亲自编写代码对新的想法进行验证的人们。总共有 120 多人参与了环境网络这一研究项目, 由于篇幅的限制, 我们无法在此将我们的谢意一一转达给其中的每一个人, 但我们尤其要感谢来自爱立信公司的 Henrik Abramowicz 先生和 Lars Lundgren 先生, 他们分别担任了本项目的项目经理以及助理经理, 并最终带领项目取得了成功。

作为本书的作者，我们还要感谢以下作者，他们分别负责本书各个章节的撰写工作，包括：

- 第3章：Irena Grgic Gjerde、Bryan Busropan；
- 第5章：Alf Zugenmaier、Michael Georgiades 和 Peter Schoo；
- 第6章：Martin Johnsson；
- 第7章：Cornelia Kappler、Nadeem Akhtar 和 Paulo Mendes；
- 第8章：Johan Lundsjö、Peter Karlsson；
- 第9章：Jochen Eisl、Jukka Mäkelä、Ramon Agüero Calvo 和 Shintaro Uno；
- 第10章：Frank Hartung、Jose Rey、Stefan Schmid 和 Thomas Petersen；
- 第11章：Alex Galis、Raffaele Giaffreda 和 Theo Kanter；
- 第12章：Alex Galis、Róbert Szabó 和 Marcus Brunner。

另外，我们还要特别感谢 Aneliya Hoelper 女士，她不辞辛苦地为本书的格式整理及内容编排做了大量的工作，并且负责了本书各种细致入微的统稿及校对工作，这才使得我们能够最终把本书完整地呈现在您的面前。

最后，我们还要感谢我们的家人在本书的编写期间给予我们的无私的支持和理解。

Norbert Niebert

Andreas Schieder

Robert Hancock

Jens Zander

目 录

译者序

原书致谢

第 1 章 概述	1
1.1 现有的通信环境	2
1.2 环境网络	4
1.3 与环境网络相关的项目	4
1.4 关于本书	5
1.5 展望	7
第 2 章 环境网络：网络融合的产物	8
2.1 网络融合与环境网络	8
2.2 融合的途径	10
2.3 融合的全 IP 网络	11
2.3.1 融合的全 IP 网络对于运营商的挑战	11
2.4 与 IP 多媒体子系统的融合	13
2.4.1 IP 多媒体子系统 (IMS)	13
2.4.2 IMS 的特征	15
2.4.3 有关 IMS 的结论	18
2.5 面向环境网络的发展	19
2.5.1 新的需求	19
2.5.2 为什么要讨论互联网的结构?	19
2.5.3 全 IP 的网络演进	20
2.6 环境网络产生的动机	21
2.7 环境网络的结构需求	23
2.7.1 网络的异构性	23
2.7.2 移动性	24
2.7.3 网络合成	24
2.7.4 安全性及私密性	24
2.7.5 后向兼容性及可移植性	25
2.7.6 网络的健壮性及容错性	25
2.7.7 QoS	26

2.7.8 多域支持	26
2.7.9 可计费性	26
2.7.10 环境感知	26
2.7.11 网络业务的即插即用的可扩展性	27
2.7.12 应用创新和可用性	27
2.8 小结	27
第3章 环境网络的商业环境	28
3.1 商业驱动因素及商业利益	28
3.2 商业价值链成员	31
3.2.1 本地接入提供商	31
3.2.2 接入集合商	32
3.2.3 接入代理商	32
3.2.4 业务集合商	32
3.2.5 可信任的第三方	33
3.2.6 偿付业务提供商	33
3.2.7 结算业务提供商	33
3.3 环境网络的商业愿景：价值网络	34
3.4 经济性方面的考虑	39
3.5 从商业角度看待网络合成	40
3.5.1 介绍	40
3.5.2 合成协议	40
3.5.3 偿付	41
3.6 网络演进中需要考虑的因素	42
3.6.1 向纯粹的环境网络的演进	42
3.6.2 商业部署的条件	43
3.7 小结	44
第4章 网络架构及网络元素	45
4.1 介绍	45
4.2 为环境网络确定的原则	46
4.3 环境控制空间的概念	48
4.3.1 环境控制空间的结构及接口	51
4.4 环境分层模型	55
4.4.1 技术现状	56
4.4.2 环境网络中的抽象方法	58
4.4.3 连接抽象和环境命名框架	61

4.4.4 控制平面与用户平面之间的交互	63
4.4.5 与实现相关的一些考虑	64
4.5 小结	65
第5章 环境网络的安全性	67
5.1 介绍	67
5.2 环境网络所涉及的安全性问题	69
5.3 安全性架构	72
5.3.1 安全标识	73
5.3.2 授权	77
5.3.3 安全关系的类型	78
5.3.4 默认的安全性	79
5.4 关键问题及其解决方案	80
5.4.1 网络附着过程	80
5.4.2 网络合成的安全性	85
5.4.3 会话切换及移动性机制	88
5.4.4 GANS 的安全性	90
5.4.5 通用链路层的安全性	91
5.5 小结、前景以及下一步的工作	93
第6章 网络合成	94
6.1 介绍及研究动机	94
6.2 网络合成过程	95
6.2.1 媒体感知	96
6.2.2 业务发现及发布	96
6.2.3 安全性及网络间连接的建立	96
6.2.4 合成协议的协商	97
6.2.5 合成协议的执行	97
6.2.6 网络分解过程	98
6.2.7 合成更新过程	98
6.3 合成类型的定义	98
6.3.1 从资源管理的角度对网络合成进行分类	98
6.3.2 网络合成对于网络管理的影响	101
6.3.3 多方合成协议	104
6.3.4 网络合成类型的选择	105
6.4 小结	105
第7章 通用环境网络信令	107

7.1	介绍	107
7.1.1	GANS 应用实例	108
7.1.2	GANS 的范围及设计方法	109
7.2	研究现状	110
7.2.1	会话初始协议	111
7.2.2	Diameter 协议	111
7.2.3	NSIS 协议簇	111
7.2.4	命名系统	112
7.2.5	网间的 QoS 控制	113
7.3	协议架构	114
7.4	GANS 传输层协议	116
7.4.1	扩展的通用互联网信令传输协议	116
7.4.2	目的端点探测协议	118
7.5	QoS 信令应用	119
7.6	小结	125
第8章	多无线接入	126
8.1	介绍	126
8.2	多无线接入——问题及现状	129
8.2.1	多种无线接入技术的混合	129
8.2.2	多经营商的网络环境	131
8.2.3	中继和多跳接入	132
8.2.4	相关的工作	133
8.3	环境网络中的多无线接入架构	134
8.3.1	结构性约束及相互作用	134
8.3.2	功能综述	135
8.3.3	体系架构模型	137
8.4	接入选择	139
8.4.1	原则及算法	139
8.4.2	多无线接入选择的输入参数	142
8.4.3	多经营商及多无线接入的选择	142
8.4.4	性能评估	143
8.5	多无线接入网络面临的挑战	148
8.5.1	场景1：网络快速部署或临时部署时的低成本的覆盖扩展方案	149
8.5.2	场景2：通过私有的本地接入网络提供公共的接入服务	150
8.5.3	场景3：在广域网中通过固定中继节点提供高比特率	152

8.6 节省网络部署成本	153
8.7 网络演进问题	155
8.8 小结、展望及未来工作	156
第9章 环境网络的移动性管理	158
9.1 研究背景和动机	158
9.2 移动性管理的框架	160
9.2.1 环境网络所采用的方法	160
9.2.2 移动性框架的原则	161
9.3 功能实体	167
9.3.1 “触发”功能实体	167
9.3.2 “切换及位置符管理”功能实体	168
9.3.3 “路由组管理”功能实体	169
9.3.4 命名解析功能	170
9.4 触发机制	170
9.4.1 新概念的引入	170
9.4.2 触发分组	170
9.4.3 按需的触发事情过滤及分类	171
9.4.4 触发相关性	171
9.4.5 移动维度	171
9.4.6 过滤及分组准则	171
9.4.7 对触发功能实体的需求	173
9.4.8 功能性描述	173
9.4.9 触发事件采集	174
9.4.10 触发事件分类引擎	175
9.4.11 触发事件库	176
第10章 用作媒体传送的覆盖网络	177
10.1 介绍	177
10.2 网络结构中为何要支持媒体传送功能	178
10.2.1 对于媒体传送应用场景的设想	178
10.2.2 支持媒体传送的覆盖网络	179
10.2.3 媒体传送覆盖技术的研究现状	180
10.3 媒体传送结构	181
10.3.1 与业务相关的覆盖网络的概念	182
10.3.2 用于媒体传送的 SMART 结构	184
10.3.3 覆盖节点的结构	185

10.3.4	覆盖管理	188
10.3.5	媒体端口信息管理	195
10.4	概念评估及演示	197
10.4.1	概念演示平台	197
10.4.2	概念化的验证	198
10.4.3	媒体端口数据库的仿真结果	198
10.4.4	媒体端口信息发现服务的仿真结果	199
10.4.5	预先缓存机制的仿真结果	200
10.5	小结及展望	201
第 11 章	环境网络中的上下文感知	203
11.1	介绍	203
11.1.1	本章的结构	204
11.2	网络的上下文感知	204
11.2.1	上下文感知概念的扩展	204
11.3	环境网络中的上下文感知	206
11.3.1	环境网络架构中的上下文感知	206
11.3.2	环境网络中的上下文感知的目标	206
11.3.3	与上下文感知之间的交互	207
11.3.4	上下文感知与其他功能实体之间的交互	208
11.3.5	上下文标识	210
11.4	环境网络中的上下文感知：架构及系统设计	212
11.4.1	简介	212
11.4.2	上下文协调功能实体	212
11.4.3	上下文管理功能实体	216
11.4.4	上下文信息库	219
11.4.5	上下文感知的鉴权及保密框架	220
11.5	上下文感知的原型	224
11.5.1	上下文语义演示系统	224
11.5.2	上下文感知演示系统	226
11.6	小结	231
第 12 章	环境网络的管理	233
12.1	介绍	233
12.1.1	环境网络的管理方法	234
12.1.2	本章的结构	235
12.2	环境网络管理所遇到的挑战	235

12.3 环境网络管理方法	237
12.3.1 动态网络合成的 P2P 管理	238
12.3.2 基于模式的动态网络管理	244
12.3.3 环境网络组件的即插即用	248
12.3.4 闭环流量控制	253
12.4 小结	257
12.4.1 四种方法的融合	257
12.4.2 环境网络中的自动化管理系统的需求分析	259
附录 缩略语	263
参考文献	267

第1章 概述

从传统的观点来看,无线通信网络的必然发展趋势是不断地提供更高的链路传输速率,并且能够在更大的业务区域内提供更好的移动性。这样的观点清晰地刻画了从主要提供语音业务的第一代及第二代蜂窝移动通信系统、早期的短距离无线数据网络,直到当今的第三代蜂窝移动通信系统以及无线宽带通信系统的发展演变历程。并且,有理由相信,这样的发展趋势还将继续体现在无线通信网络的未来发展之中。图 1-1 清晰地总结了包括天线设计、链路编码以及无线资源优化等在内的各种无线通信技术研究及开发方面的主要工作。这样的发展演进路线已经为从事未来无线通信系统设计的人员所熟知。

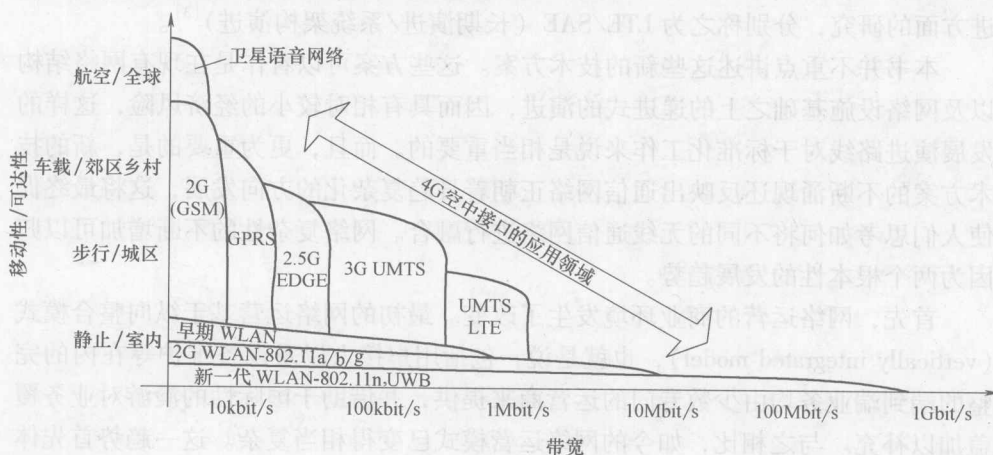


图 1-1 无线通信的物理层发展趋势

本书将试图从另外的视角来探讨无线通信网络的发展,不打算花费大量的笔墨来探讨无线通信系统在物理层需要解决的问题,而是将讨论的重点放在无线通信系统的网络层。随着人们越来越迫切地希望通信系统能够在日益复杂的商业环境中提供更为多样化的业务,网络层所面临的挑战逐渐浮出水面。此外,尽管网络层所面临的问题在无线通信网络中体现得更加突出——这一方面是由于无线通信的特点使得无线通信网络能够提供更为多样化的商业应用,另一方面则是因为无线通信的物理层技术更加依赖于各种分集手段,实际上,在任何通信网络中都会面临来自网络层的相同问题。随着网络的技术特点及管理手段的日趋异构化,网络层面临的问题首当其冲,并将有可能使得未来的通信系统发生翻天覆地的变

化。本书将介绍网络层技术的最新研究成果，这些研究将开辟无线通信网络发展的崭新图景。

1.1 现有的通信环境

目前，市场上已经存在多个针对移动或无线通信网络的系统标准，它们涵盖了各种空中接口类型。以第三代合作伙伴计划（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）^[1]为代表的面向蜂窝移动通信系统的标准化组织和以 IEEE 802 LAN/MAN 标准委员会^[2]为代表的面向数据网络的标准化组织均在不断地维护他们现有的系统标准，并计划持续地为其提供增强版本以及进行系统的进一步演进。例如，3GPP 已经开始着手部署高速上行及下行分组接入（High-Speed Downlink/Uplink Packet Access, HSDPA/HSUPA）作为现有的第三代空中接口的增强型技术。同时，3GPP 还在从事无线接入网的长期演进技术以及系统结构演进方面的研究，分别称之为 LTE/SAE（长期演进/系统架构演进）^[3]。

本书并不重点讲述这些新的技术方案。这些方案可以看作是在现有网络结构以及网络设施基础之上的递进式的演进，因而具有相对较小的经济风险，这样的发展演进路线对于标准化工作来说是相当重要的。而且，更为重要的是，新的技术方案的不断涌现还反映出通信网络正朝着日趋复杂化的方向发展，这将最终促使人们思考如何将不同的无线通信网络进行融合。网络复杂性的不断增加可以归因为两个根本性的发展趋势。

首先，网络运营的商业环境发生了改变。最初的网络运营基于纵向整合模式（vertically integrated model），也就是说，包括用户接入以及设备维护等在内的完整的端到端业务均由少数专门的运营商来提供，并借助于国际性的漫游对业务覆盖加以补充。与之相比，如今的网络运营模式已变得相当复杂。这一趋势首先体现在传统的价值链被进一步拉伸并分割，使得不同的运营企业将专注于业务提供的某一方面内容，例如业务的生成及推广或者是基础网络的建设及维护。在蜂窝通信网络中这样的趋势已经成为了现实，因此需要定义一组新的位于不同运营商之间的接口来支持这一特性。在将包括无线局域网（WLAN）在内的各种新的接入技术进行整合时也出现了类似的趋势，在 3GPP 所定义的互连场景中，总是对业务层和接入层进行了区分，从而给基于两种完全不同的承载技术提供相同的业务带来了额外的复杂度。热点（hotspot）覆盖市场的发展也带来了网络扩展性方面的问题，与蜂窝网络相比，参与这一市场的运营企业的数量要多得多。最后，为了保持持续的发展势头，移动通信网络还必须积极开拓新的市场领域，其中不仅包括企业用户，还将包括家庭及个人用户。除了上面已经提到的在网络的可扩展性以及异构性方面的考虑之外，通信市场的日益开放、网络被管理程度的降低

以及商业模式的不断差异化,将给不同网络之间的互连带来更大的复杂性,并意味着运营企业之间传统的互连模式将不再适用于未来的网络。

另一项主要的驱动因素在于技术更新换代的速度越来越快。除了各种新的空中接口标准不断涌现以外,受经济性因素及工程实践需求的影响,无线接入网的结构也在不断发生改变。以车载网络(vehicular network)和无线网状网(meshed wireless network)为例,前者可以克服用户终端在高速移动中所遇到的问题,从而实现高质量通信,而后者则采用短距离的空中接口,降低了大范围覆盖的成本。这些崭新的网络形态在支持新的商业应用的同时,也为现有系统带来了挑战,因为现有系统的空中接口特性以及功能实体分布无法很好地支持这些新的技术。对于网络的协议架构而言,如果不对各种业务协议进行更大的改动,也将面临相同的问题。这些改动既包括不同的业务类型(语音、数据或多媒体),也包括不同的用户(还可扩展到对等端到对等端(peer-to-peer)的应用)。这些新的发展趋势对于网络如何将各种业务高效地映射到完全不同的物理层资源以及网络的路由及控制机制的灵活性提出了更高的要求。一个已经被大家所广泛认可的趋势是,使用网间协议(Internet Protocol, IP)作为通用的网络层协议,3GPP利用IP提供各种新的业务以及在固定电话网络中大规模地采用IP提供传统语音业务^[4]均为这一发展趋势提供了有力的支持。然而,核心的互联网(Internet)标准并不能够提供足够的可控性来支持所涉及的各种新的应用场景。因此,考虑到来自技术层面的上述挑战,现有的系统结构将无法跟上市场需求变化的步伐。

这两大趋势的结合,即网络各个层面日益增长的异构性以及对于业务的复杂度和可控性越来越高的需求,可以看作是网络层的发展趋势,而与之相对应的物理层技术的发展,则通常用来作为衡量移动通信网络升级换代的标志。图1-2清晰地给出了环境网络的发展目标。

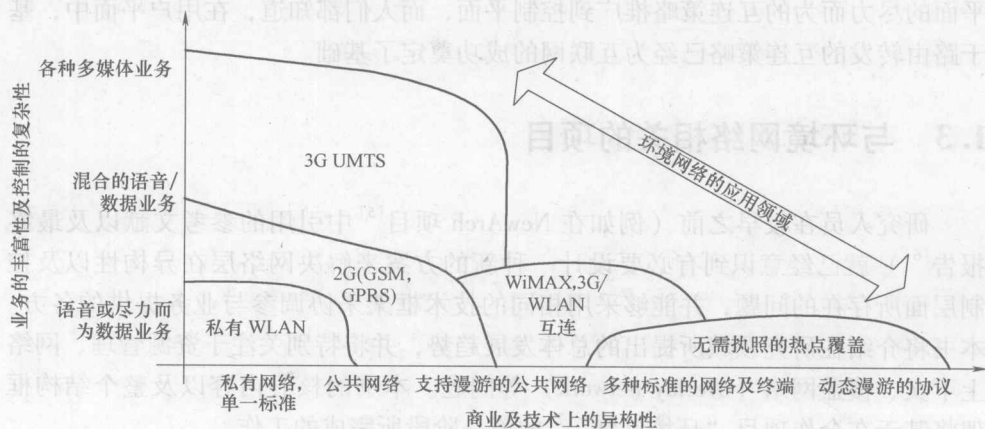


图 1-2 从网络层面看系统的演进