

异构网络融合技术与实现

—— 协同、重构、资源管理

Technology and Implementation
of Heterogeneous Network Convergence

© 张 蕾 著



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.cn>

异构网络融合技术与实现

——协同、重构、资源管理

张 蕾 著

北京交通大学出版社

· 北京 ·

TN 929.5
364

内 容 简 介

新一代宽带无线移动通信网是一种多种无线接入技术并存的网络,各无线网络之间不仅具有竞争关系,更重要的是要达到协同工作的目的,因此,异构网络融合成为未来无线通信发展的一个必然趋势。本书在异构网络融合需求中,重点介绍无线个域网与广域网之间如何通过协同工作、灵活适变、优化管理等手段,应对复杂变化的融合环境,解决异构泛在网络相互间的有效协调、有限资源的合理分配,提供更加丰富的、个性化的和具有上下文感知能力的全新业务体验。

本书是一本专业性较强的学术读物,力求内容深入浅出,既可作为本、专科学校在校学生的专业教材,也可供无线传感网络和物联网相关专业人士阅读,最大可能地使学生受益、社会受益、市场欢迎。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

异构网络融合技术与实现:协同、重构、资源管理/张蕾著. — 北京:北京交通大学出版社,2014.12

ISBN 978-7-5121-2173-7

I. ① 异… II. ① 张… III. ① 无线电通信-移动网 IV. ① TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 286100 号

策划编辑:田秀青 责任编辑:田秀青

出版发行:北京交通大学出版社 电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号 邮编:100044

印刷者:北京艺堂印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170×235 印张:12.25 字数:176 千字

版 次:2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-2173-7/TN·96

印 数:1~1 000 册

定 价:36.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质检组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。
投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。



作者简介：

张蕾，工学博士，毕业于北京邮电大学，主要研究领域为智能建筑无线传感器网络、网络资源管理、信号与信息处理等。主持、参与多项科研项目；入选北京市人才强教项目——“青年英才计划”；近年来，在国内外期刊和国际学术会议上发表论文30余篇。

前 言

随着网络技术高速发展,作为当前最热门的信息技术之一的无线移动通信网络呈现出异构融合与泛在化的发展趋势,如果这些异构网络无法实现融合,那么未来信息时代将存在许许多多的信息孤岛。因此,无线移动通信网络将以其无所不在的连接、无所不在的智能信息服务及与环境和谐交互的特点,满足人们在任何时间、任何地点与任何人或任何物进行任何种类的信息通信与交互的愿望,以适应人类社会的在信息资源泛在化及智能化方面的增长需求。

异构、泛在网络互通的最终目标是构成异构互联、跨域协同的融合网络,以提供高速的数据传输服务,支持多种无线接入技术,实现移动终端在异构网络间的无缝切换和漫游能力。可以看出,不同的融合互通方案是在不同的层面来屏蔽网络的异构性,例如,在网络层面上的融合,是指通过网络层面的互联互通,屏蔽物理层及媒介接入层的差异性,将各种形式不同的数据在统一的融合网络中进行传输;而在业务层面上的融合,是指通过业务系统整合、运营系统整合或终端整合等技术,将各种网络中的应用和业务都能在统一的融合网络中实现。因此,融合的网络仍然保留着异构的特征,且由于其融合的层面和深度不同,这种异构的特征也会有所不同。当前融合网络的异构性主要表现在以下方面。

1. 接入网络的异构性

用户终端将面对不同类型的无线接入网络,而无线接入网络覆盖范围不同,技术参数不同(如带宽、时延、抖动等),并执行不同的控制与管理机制,业务能力也有所不同,网络结构甚至迥异(如蜂窝、Ad hoc、分层、分簇等组网方式)并可能属于不同的所有者(如运营商、企业专网、

个人网络等)。目前移动通信无线接入技术和宽带无线接入技术的迅速发展,使得接入网络的异构特性十分突出。

2. 业务的异构性

异构网络中存在多种不同类型的业务,包括会话类业务、交互类业务、流媒体业务和背景类业务,上述业务具有不同的特征参数,并对接入网络与用户终端有着不同的要求。另外,用户周边的泛在智能终端设备将在互联互通与互操作的基础上构成以用户为中心的不同服务网络(如个人域网、办公域网、家庭域网、车域网等),并对外呈现出业务类型丰富化和组织结构松散化的特点。此外,用户业务应用将不再是单一的运营商提供模式,而是会有更多的网络及终端设备的参与,以及用户在不同服务网络之间的切换,业务提供也将出现更加智能的提供模式。

3. 终端的异构性

在异构网络环境中,用户所拥有的接入终端类型日益丰富,包括计算设备、消费电子手持设备等在内的多种设备均将具有无线接入能力。此外,各种终端会具有不同的业务能力,包括无线接入能力、人机交互能力、存储能力、计算能力甚至电池续航能力等,并且这些终端在业务提供过程中同样需要在异构接入网络之间进行切换。

4. 商业模式的异构性

不同运营商在对其所运营网络的认证与授权策略、接入控制策略、资源分配策略、计费策略等方面存在差异;此外,在保证基本互通性的基础上,不同运营商在业务提供与网络互通等策略方面也存在较大的差异。

当前无线网络环境处于一个异构化的格局,在无线广域网侧,3GPP(The 3rd Generation Partnership Project)内的2G、3G、4G技术将在一定时间内长期共存;而在无线个域网侧,蓝牙、Wi-Fi、ZigBee、UWB等多种短距离通信技术发展迅猛,给业务交互模式带来了新的活力。

在第三代移动通信系统逐步商用的同时,从无线宽带接入技术到下

一代移动通信系统，乃至各种面向不同应用的无线接入系统的开发方兴未艾，未来的移动终端正在向着可重构（Reconfigurable）的方向发展，以适应不同的接入技术。另外，个人周边智能设备不仅自动化程度逐步提高，数量也急剧增长，依照 WWRF（Wireless World Research Forum）预测，到 2017 年，平均每个人周围都会有 1 000 个无线设备提供服务。这样，如果不再拘泥于单一便携设备的功能提升，转而利用个人周边各具不同能力的智能设备的协作，聚合重构为一个分布式的终端，不仅可以在功能上满足跨越多种接入网的无缝切换/漫游能力，更可以综合周边智能空间中的设备能力，收集更多用户上下文，提供更丰富的业务功能和更好的业务体验，进一步融入统一而且外延更加广泛的业务环境之中。

与此同时，业界针对网络演进趋势已达成共识，未来的无线通信系统需要解决这些异构终端和异构网络的融合问题，实现互联互通与互操作，形成统一控制与资源管理，并且通过多个网络多个终端的协同可以为用户提供覆盖范围较广，接入带宽较高且资费较低廉的无线接入服务。无线网络发展的另一个趋势是泛在化，即若干设备分布在用户周边并与之交互，实现智能化业务提供。广域网融合技术不断成熟，基于短距离的个域网技术也越来越为人们所关注，但是基于二者融合技术的研究相对缺乏，而以智能业务为驱动的个域网与广域网融合的架构也是未来需要重点解决的问题。

本书基于国家 863 项目《基于认知的无线个域网与广域网融合验证演示平台》，同时以国家重大专项《泛在网络下多终端协同的网络控制平台和关键技术研究》为依托，辅以作者多年的研究成果，主要介绍了异构网络融合中的协同、重构和资源管理等技术。全书共分为 6 章：第 1 章概述了异构网络融合架构及相关技术的研究现状；第 2 章介绍了协同业务环境（CSE）及其构建机制、业务部署机制、动态重构机制等；第 3 章从理论上介绍了协同工作机理，对分布式路由算法、多源文件传输模型等进行了

重点介绍；第4章从技术角度分析了适变重构技术，包括重构多模协议栈通用模型、终端选择算法及网络资源定价策略等；第5章从理论角度出发，介绍了异构融合网络的资源管理机制，包括资源分配算法、内容分发网络中代理服务器放置算法等；第6章为总结和展望，对异构融合网络中关键技术方面的研究工作进行全面总结，并对后续异构融合网络无线资源管理研究方向进行展望。

面对复杂异构的无线网络环境，迫切需要解决异构融合网络中存在的各种技术挑战。但是由于作者水平有限，疏漏与不足之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正，期望在今后的研究中不断完善和改进。

作 者

2014 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 未来无线通信网络的发展趋势	1
1.1.1 融合网络的异构性	2
1.1.2 无线网络的泛在化	3
1.1.3 通信网络的协同性	4
1.2 异构泛在融合网络架构	4
1.2.1 异构泛在融合网络愿景	4
1.2.2 GPP 关于网络互通架构	7
1.3 无线个域网与广域网融合的研究现状	9
1.3.1 协同业务环境	9
1.3.2 协同工作机理	10
1.3.3 自适应重构技术	11
1.3.4 融合网络的资源管理	13
1.4 新兴的异构融合网络	15
1.4.1 环境感知网络	15
1.4.2 无线网状网络	17
1.5 本书主要内容及结构	18
参考文献	18
第 2 章 协同业务环境设计	23
2.1 业务支撑技术	24
2.1.1 通用即插即用 (UPnP)	24
2.1.2 虚拟归属环境 (VHE)	27

2.1.3	开放业务接入 (OSA)	29
2.1.4	统一业务终端 (UST)	31
2.2	协同业务环境	33
2.2.1	CSE 体系结构设计	33
2.2.2	CSE 中间件功能模型设计与分析	34
2.3	CSE 的构建机制	37
2.3.1	主控组件发送广播消息	38
2.3.2	从动组件接收并处理广播消息	38
2.3.3	安全鉴权	39
2.3.4	组件聚合	39
2.4	CSE 的业务部署机制	41
2.4.1	业务部署执行的方法步骤	41
2.4.2	能力发生变化时的动态适配	41
2.5	CSE 的动态重建机制	43
2.5.1	网络融合步骤	43
2.5.2	设备分离步骤	44
2.6	本章小结	48
	参考文献	49
第 3 章	协同工作机理	50
3.1	无线传感器网络	51
3.1.1	无线传感器网络概述	51
3.1.2	常用分簇算法	52
3.1.3	常用路由算法	55
3.2	基于分布式分组算法的簇头间协作路由算法	58
3.2.1	基于分布式分组算法的簇间路由机制	59
3.2.2	数值结果及分析	60
3.3	对等网络的资源管理	63
3.3.1	位置对协作的影响	63

3.3.2 对等网络的位置知晓性	64
3.4 基于位置知晓性的多源文件传输模型	66
3.4.1 基于位置知晓性的多源文件传输模型设计	66
3.4.2 数值结果及分析	72
3.5 泛在网络的服务发现	75
3.5.1 服务发现概述	75
3.5.2 基于上下文感知的服务发现	77
3.6 本章小结	79
参考文献	80
第 4 章 适变重构技术	84
4.1 端到端重构技术	84
4.2 端到端重构体系结构及功能	86
4.2.1 重配置管理平面 (RMP)	88
4.2.2 端到端重配置功能实现	90
4.3 基于模糊理论的终端选择算法	92
4.3.1 模糊理论概述	92
4.3.2 评价方法概述	93
4.3.3 层次分析法原理	95
4.3.4 多目标模糊决策原理	98
4.3.5 传统 AHP 终端选择法	102
4.3.6 基于模糊理论的增强型 AHP 终端选择算法	104
4.3.7 数值结果及分析	108
4.4 资源定价策略	111
4.4.1 静态定价策略	111
4.4.2 动态定价策略	113
4.5 动态定价算法	116
4.5.1 基于价格的网络服务模型	116
4.5.2 资源的动态定价管理	119

4.5.3 基于 Stackelberg 博弈的动态定价算法	124
4.5.4 单网络管理者动态激励价控策略设计与分析	131
4.5.5 数值结果及分析	136
4.6 本章小结	138
参考文献	138
第 5 章 融合网络的资源管理	144
5.1 概述	144
5.1.1 泛在资源描述	144
5.1.2 网格资源管理	148
5.2 网络环境中资源分配算法	150
5.2.1 拍卖机制分析	151
5.2.2 资源调度场景	155
5.2.3 资源分配模型及市场价格模型设计与分析	156
5.2.4 基于最高价格密封出价拍卖的资源分配算法	160
5.2.5 数值结果及分析	163
5.3 内容分发网络中代理服务器放置算法	165
5.3.1 代理服务器放置问题	165
5.3.2 成本函数设计与分析	166
5.3.3 基于成本函数的代理服务器放置算法	168
5.3.4 数值结果及分析	169
5.4 本章小结	174
参考文献	175
第 6 章 总结和展望	179
6.1 总结	179
6.2 展望	181
后记	183



第 1 章

绪 论

1.1 未来无线通信网络的发展趋势

当前,信息通信技术(Information and Communication Technology, ICT)已经向人类活动的各个领域全面渗透,并从根本上改变了人类的生产和生活方式^[1-2]。伴随着用户业务需求迅速增长及业务类型不断丰富地发展,无线接入技术更新换代更为频繁,蓬勃发展、层出不穷的无线通信技术为用户构建了异构的通信网络环境。其中为了适应不同的通信环境及用户需求,移动通信网络相继经历了第一代模拟移动通信技术、第二代数字移动通信技术,以及拥有更高传输速率和业务提供能力的以 WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA 和 WiMax 为代表的第三代移动通信技术。目前,第四代移动通信技术已经逐渐标准化,旨在局域网环境中提供峰值速率高达 1Gbps、广域网环境中提供峰值速率高达 100 Mbps 的传输速率;以 IEEE 802.11 系列为代表的无线局域网因其高速接入、成本低廉的特点得到了广泛的部署;此外,还包括卫星网络、数字电视广播、短距离无线通信系统(超宽带、蓝牙、Ad hoc 网络、无线传感器网络等)为用户提供了更广泛覆盖或者更便捷的无线接入。ICT 是当今世界经济和社会发展的重要驱动力,作为通信产业

中发展最为迅猛的高科技领域,移动通信具有很强的带动性和辐射效应,已经成为体现国家科技、经济、人才等综合实力的重要领域,其基本特点表现为:覆盖范围大、传输带宽高、网络技术灵活高效、业务更加丰富、终端功能与种类多样化,信息网络技术发展趋势示意图如图 1-1 所示。

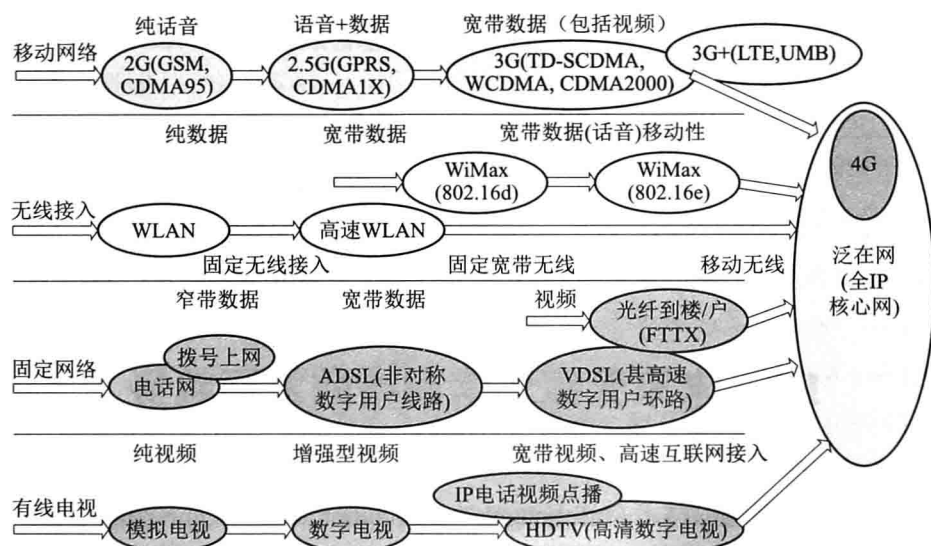


图 1-1 信息网络技术发展趋势示意图

1.1.1 融合网络的异构性

当前融合网络的异构性主要表现在以下方面^[3-4]。

1) 接入网络的异构性

用户终端将面对不同类型的无线接入网络,而无线接入网络覆盖范围不同,技术参数不同(如带宽、时延、抖动等),并执行不同的控制与管理机制,业务能力也有所不同,网络结构甚至迥异(如蜂窝、Ad hoc、分层、分簇等组网方式)并可能属于不同的所有者(如运营商、企业专网、个人网络等)。目前移动通信无线接入技术和宽带无线接入技术的迅速发展,使得接入网络的异构特性十分突出。

2) 业务的异构性

异构网络中存在多种不同类型的业务,包括会话类业务、交互类业务、流媒体类业务和背景类业务,上述业务将具有不同的特征参数,并对接入网络与用户终端有着不同的要求。另外,用户周边的泛在智能终端设备将在互联互通与互操作的基础上构成以用户为中心的不同服务网络(如个人域网、办公域网、家庭域网、车域网等),并对外呈现出业务类型丰富化和组织结构松散化的特点。此外,用户业务应用将不再是单一的运营商提供模式,而是会有更多的网络及终端设备的参与,以及用户在不同服务网络之间的切换,业务提供也将出现更加智能的提供模式。

3) 终端的异构性

在异构网络环境中,用户所拥有的接入终端类型日益丰富,包括计算设备、消费电子手持设备等在内的多种设备均将具有无线接入能力。此外,各种终端会具有不同的业务能力,包括无线接入能力、人机交互能力、存储能力、计算能力甚至电池续航能力等,并且这些终端在业务提供过程中同样需要在异构接入网络之间进行切换。

4) 商业模式的异构性

不同运营商在对其所运营网络的认证与授权策略、接入控制策略、资源分配策略、计费策略等方面存在差异;另外,在保证基本互通性的基础上,不同运营商在业务提供与网络互通等策略方面也存在较大的差异。

1.1.2 无线网络的泛在化

无线网络发展的另一个趋势是泛在化,即若干设备分布在用户周边并与之交互,实现智能化业务提供。其中,个域网以其灵活的终端互联及协同技术,突破单个设备自身能力的限制,为用户提供泛在化的业务体验^[5-7],从而成为演进中的异构网络的重要分支。个域网呈现出具有复杂关系的群协同需求,从业务提供与协同特征相结合的角度进行扩展:个域网是以个人业务提供为目标,协同用户周边无线泛在的终端设备,并基于通信交互联合提供个人化、泛在化业务的信息网络。

1.1.3 通信网络的协同性

协同是以通信网络为基础设施的信息系统天生具有的特性,而作为协同的最高阶段,融合在本质上是为了实现异构资源的共享与利用。为了融合原有的技术需要有所创新,从而引入新的技术物种,而由于运营、投资、用户习惯等种种原因,新的技术物种不可能一夜之间取代旧的技术,从而不可避免地出现异构共存。在广域移动通信探索以 IMT-Advanced 为代表的未来无线通信世界的过程中,互通与融合趋势备受关注,相比以前,业务提供模式在个域网中将更加丰富,如果可以通过个域网连接技术将手机与各种传感器、智能家电设备连接起来,并协同各种设备的能力,在广域移动网络与综合业务平台的支持下,将可以提供更加丰富的、个性化的和具有上下文(包括位置、环境、用户状态等)感知能力的新业务,使用户得到尽可能最佳的业务体验。

2008 年 11 月 28 日,中国移动正式发布分布式业务网络(Distributed Service Network, DSN)技术白皮书^[8],指出:网络融合是未来的一个发展趋势。所谓 DSN,是中国移动针对电信业务和移动互联网业务所提出的新一代可运营、可管理的分布式核心网体系和功能架构,主要用于应对目前电信网和互联网在业务和运营上所面临的挑战,吸取电信网可运营、可管理的特性和互联网在业务提供上的快速、灵活、低成本、可扩展的特性,并通过采用新的技术,如分布式技术等来驱动对网络架构发展的研究。

1.2 异构泛在融合网络架构

1.2.1 异构泛在融合网络愿景

图 1-2 所示为未来无线信息社会的移动泛在业务环境愿景(Mobile

Ubiquitous Service Environment, MUSE)^[9-10]。伴随无线传输技术的发展,异构特性丰富的网络 and 平台相继出现,如 UMTS、DVB、WiMax 等。同时,用户周边的泛在智能终端设备将构成无所不在的网络基础设施,如身体域网(Body Area Network, BAN)、个人域网(Personal Area Network, PAN)、家庭域网(Home Area Network, HAN)、车域网(Vehicle Area Network, VAN)等,它们形成了智能的业务环境,表现出类型丰富化和组织松散化的趋势,并逐渐与广域网络融合。如何使这些异构泛在无线网络互联互通,实现多网协同工作,提供覆盖广、带宽高、移动性高且费用低廉的接入服务,将是下一代无线通信系统的发展方向,也是网络运营商及通信行业产业价值链上各个环节所共同关注的焦点。

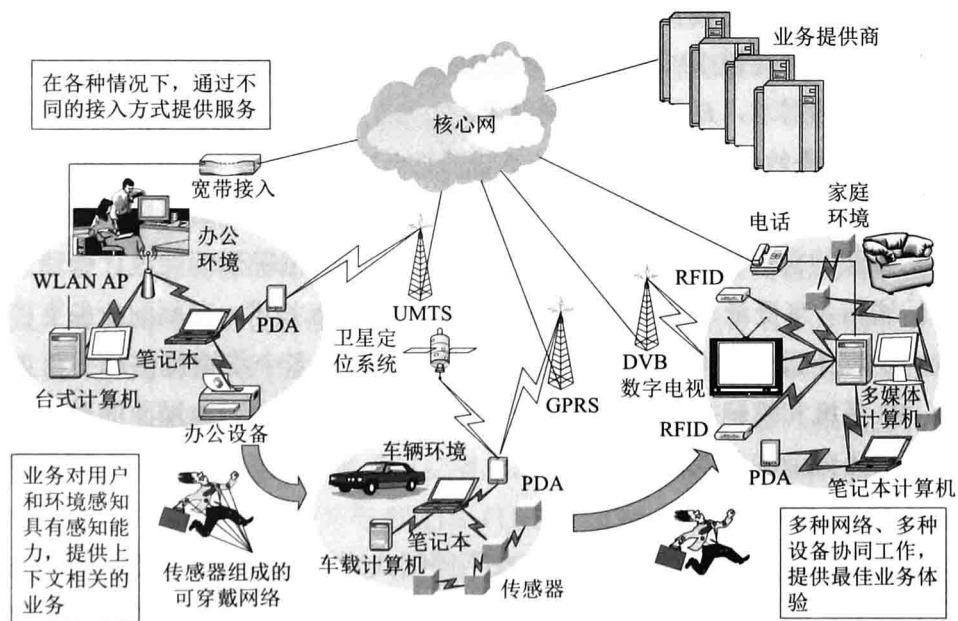


图 1-2 移动泛在业务环境愿景图

由于异构泛在网络相对独立自治,相互间缺乏有效的协调机制,造成了系统间干扰、重叠覆盖、单一网络业务提供能力有限、频谱资源稀缺、业务的无缝切换等问题无法解决。因此异构泛在网络的融合已经成为网络