

# 基于Mesh技术的网络融合与协同

## Mesh Technology-Based Network Convergence and Cooperation

中图分类号:TN929.5 文献标识码:A 文章编号:1009-6868 (2008) 03-0013-05

**摘要:** 无线网络在网络、技术、终端、运营管理等各个方面越来越体现出异构的特点。异构网络的有效融合与协同可以通过Mesh技术完成。异构网络的融合为IP层面的融合,是对网络共性的整合,异构网络的协同则是对网络个性的整合。通过网络间的融合与协同,对异构网络分离的、局部的优势能力与资源进行有序整合,最终实现无处不在、无所不能的智能性网络。

**关键词:** 异构网络;网状网;网络融合;网络协同

**Abstract:** More and more distinctive heterogeneous features are exhibited in wireless networks in multitude of networks, technologies, terminals, operation and management, etc. Effective convergence and cooperation of heterogeneous networks can be achieved through Mesh technology. Convergence of heterogeneous networks is the integration of common quality on IP layer, while the cooperation is that of network characteristics. By using internetworking convergence and cooperation, a standardized integration of separated and localized predominant capabilities and resources can be combined to enable the evolution into an intelligent network with powerful capability from remote locations.

**Key words:** heterogeneous network; Mesh; network convergence; network cooperation

田峰/TIAN Feng

杨震/YANG Zhen

(南京邮电大学, 江苏 南京 210003)

(Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

### (1) 频谱资源异构

由于不同频段物理特性不同,适用于各种频段的无线技术也不同,各个区域频谱规划方式也有显著区别,导致特定频段上实现的无线技术总是需要满足特定的技术和业务需求。

### (2) 组网接入技术异构

由于需要综合考虑网络规模、网络覆盖、兼容性等要求,组网方式、网络功能设置、资源管理和配置方式等呈现出迥然不同的特点。而物理层及媒体访问控制(MAC)层在调制技术、天线技术、加密技术、接入技术的实现上都有很大差别。

### (3) 业务需求异构

不同的用户偏好和需求导致了多样化的业务类型,包括传统的电信业务、支持交互应用的交易型业务和以内容为中心的业务等。这些业务将具有不同的特征并对技术与终端提出不同的服务质量(QoS)要求。

### (4) 移动终端的异构

异构网络条件下,不同网络将提供不同的QoS,终端的工作环境将产生巨大的变化,业务需求、制式、运营者的差异导致了移动终端的不同,各种移动终端会具有不同的业务能力,包括接入能力、移动能力等<sup>[2]</sup>。

### (5) 运营管理的异构

不同的运营商将会设计出不同的管理策略,包括寻呼漫游策略、网络切换策略、资源分配策略、认证与

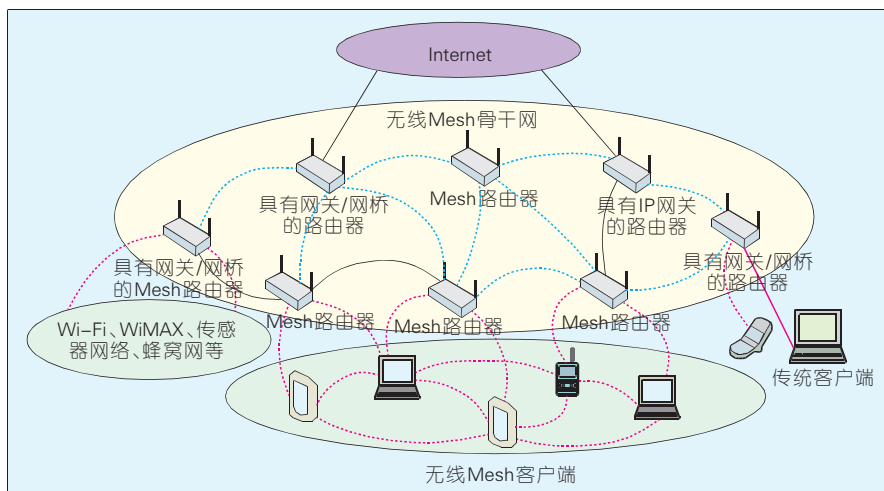
无线通信技术飞速发展,出现了无线局域网(WLAN)、WiMAX、Wi-Fi、无线个域网(WPAN)、无线Mesh网(WMN)、无线传感器网(WSN)、Ad Hoc、3G和B3G移动通信网络等许多新型的采用不同组网技术的异构网络,给人们的工作和生活方式带来了深刻变革。但在人们体验着通信技术带来的获取信息越来越便利的同时,由于无线通信网络朝着高速化、宽带化、泛在化的方向发展,各种无线接入技术纷纷涌现,使得未来网络的异构性更加突出。其实,不仅在无线接入方面具有这样的趋势,在终端、网

络、业务和运营管理等方面,异构化、多样化的趋势也同样引人注目。如何将这异构无线网络融合在一起,互联互通,并且多网协同工作,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,也是网络运营商以及通信行业产业价值链上各个其他环节所共同关注的问题。

## 1 无线网络的异构性

针对不同的无线频段特性、迥异的组网接入技术和多样的业务需求,不同无线技术所使用的空中接口设计及相关协议在实现方式上具有差异性和不可兼容性。无线网络及其通信系统的异构性主要体现在如下几个方面<sup>[1]</sup>:

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60772062)、教育部重点科技基金资助项目(206055)、江苏省高校自然科学基金重大基础研究资助项目(06KJA51001)



▲图1 混合型无线Mesh网络

鉴权策略、计费策略等。为保证通信各层之间的有效交互并满足组网需要,须根据所使用的无线资源以及所针对的业务特点,设计合理的通信协议栈和适当的网络管理机制。

以上几个方面交叉联系,相互影响构成了无线网络的异构性,也对网络的稳定、可靠和高效性带来了挑战,这种异构性带来的移动性管理技术、联合无线资源管理和端到端的QoS保证是未来无线通信系统亟需解决的问题。

## 2 基于Mesh技术的网络融合与协同

### 2.1 Mesh技术介绍

无线Mesh网络是一种新型宽带接入网络,又被称为无线网状网或无线网格网。WMN源于1997年美国军方机构DARPA与ITT公司合作研究的最新集无线组网、路由和定位一体化的先进战术通信系统(ATCS)。2004年1月,IEEE 802.11工作组专门成立了网状网研究组,其初步草案计划在2008年7月发表最终结果,这标志着WMN技术正式迈上标准化道路。无线Mesh网络作为一种解决无线接入“最后一公里”“瓶颈”问题的关键技术受到了越来越广泛的关注。WMN的核心是让网络中每个节点都发送和接收

信号。作为一个多跳的系统,从源到目的地有多条冗余的通信路径。网络中每个节点都具备自动路由功能,每个节点只和邻近节点进行通信,因此是一种自组织、自管理、自动修复、自我平衡的智能网络。

WMN的架构可分为3类:基础设施型网络配置模式、客户端型网络配置模式以及混合型网络配置模式。其中,混合型WMN将基础设施型和客户端型两种网络配置模式综合在一起,吸收了两者的优点,实现了优势互补。图1给出了混合型无线Mesh网络的一个例子。它可以包括各种异构的无线/有线网络,如无线局域网、WiMAX、无线蜂窝网、移动Ad Hoc网、无线传感器网络(WSN)、因特网以及无线骨干网。可以看出,无线Mesh网实际上已经是移动Ad Hoc网的超集,而移动Ad Hoc网只是无线Mesh网络的一个子集。混合结构的无线Mesh网络囊括了WMN的所有优点,具有网络覆盖范围大、频谱利用率高、可靠性高、多跳路由、组网灵活、维护方便和支持与其他无线网络兼容和互操作等优点,可以应用到各种场景中,如宽带家庭网、社区网络、企业网络、城域网络等。特别地,WMN将成为未来无线核心网理想的组网方式,因此在这种网络覆盖情况复杂、多种技术并存的移动通信环境中,采用Mesh技术

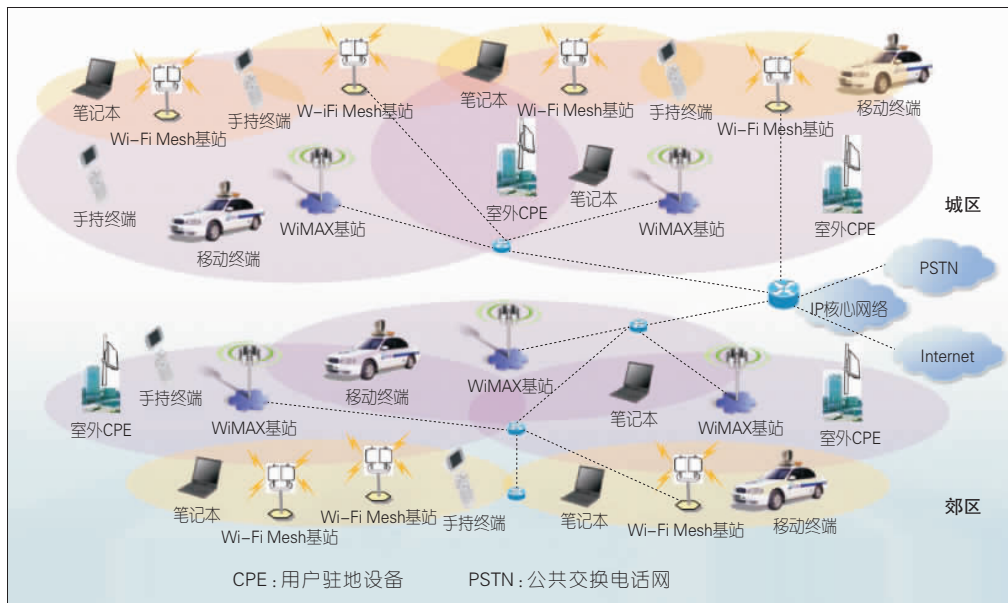
可以实现异构技术的有效融合与协同工作,实现异构资源的优势互补和协调管理,不仅是技术发展的必然趋势,也是网络运营者实现最佳用户体验和最优的资源使用的根本途径<sup>[3]</sup>。

### 2.2 基于Mesh技术的网络融合

由于异构网络相对独立自治,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。因此异构网络的融合已经成为网络各个层面的主要趋势,体现在网络融合、业务融合、终端融合及运营管理的融合,各种业务都被整合在一个网络的物理媒介(融合网络)中进行传输,统一的传输控制协议/网间协议(TCP/IP)的普遍采用,使得各种以IP为基础的业务都能在不同的网上实现互通。基于Mesh技术的融合需要从4个不同的层面来实现<sup>[4-6]</sup>。

#### (1)核心网与接入网的融合

目前基于IP分组数据网络的有线网络已经成为了下一代网络要采用的基础架构,这种网络将为各种接入网提供合适的有线网络的基础结构。而WCDMA、GSM、WLAN等不同的移动接入网络,覆盖不同的区域,具有不同的技术参数,提供不同的业务能力,执行不同的通信与控制协议,具有不同的网络结构,因此不同的接入网络之间需要具有一定的信息交互能力以支持基于IP的网络融合。同时终端的可重配置能力为接入不同网络提供了保障,而IP技术的广泛应用使得不同的接入网络将基于IP网络层进行融合。图2给出了一个WMN应用到无线城域网的实例,各种用户终端(如Wi-Fi手机、笔记本等)通过Ad Hoc方式相互连接,并根据其支持的协议选择与Wi-Fi Mesh基站(IEEE 802.11)或WiMAX基站(IEEE 802.16)通信,而Wi-Fi Mesh基站(或WiMAX基站)可以通过无线多跳与视距范围外的基站或Internet核心网建立联系。这



▲图2 WMN网络融合与协同实例

里, Wi-Fi Mesh基站和WiMAX基站充当了Mesh路由器, 承担融合的任务, 并组成了无线Mesh骨干网, 网络间的融合通过IP层来实现, Mesh终端采用多模或重配置方式适应用户和业务的需求, 最终实现整个网络的融合。

### (2) 业务的融合

业务的融合指不同的业务网提供统一的平台、统一的用户账号和对用户隐藏的自动切换机制, 让用户感觉无论在什么情况下都能进行畅通无阻的通信, 享受最佳的多元化服务。通过多种接入技术, 在不同业务支持能力的网络及终端限制条件下, 使得业务同时向多个终端提供服务。如在图2中, Wi-Fi手机和笔记本所承载的业务不同, 但经过IP层面的融合, 都可以接入WMN网络, 实现不同业务的互通。

### (3) 终端的融合

异构网络条件下, 在同一地点存在不同制式和不同运营商的无线网络交叠覆盖, 不同网络将提供不同的业务和QoS, 其付费方式也将不同。此时终端的元件组成不会产生质的变化, 但需兼容所有在当地存在的无线接入技术(RAT), 综合考虑多种无线接入技术的能力、网络覆盖情况、资

费和用户的偏好等方面。使用基于软件无线电的重配置技术可提高兼容性、减少体积、降低功耗和节约成本, 多模可重配置移动终端的实现使得原本单一的移动终端具备了接入不同移动网络的能力。如在图2中, Wi-Fi手机和笔记本可以通过核心网互通数据业务, 如果手机是多模甚至可重配置的则可以互通视频、语音等更多的业务。

### (4) 运营管理的融合

运营管理系统需要为用户提供统一的网络管理界面和网络服务界面, 如统一的认证与鉴权服务、计费服务, 统一的订购服务、统一的账单服务。

网络融合是一个含义十分广泛的大课题, 它的真正价值在于如何利用先进的技术系统帮助用户降低成本、提高效率、通过赢得用户的认同增加竞争优势, 但网络融合在为用户带来灵活丰富的业务体验的同时, 也需要考虑如下实际问题:

#### (1) 可用性

除适当增加可用带宽之外, 需要规范、控制业务应用所占用资源的优先级别, 从而解决由于应用增多带来的关键业务无法保障、服务质量急剧

下降问题。

#### (2) 安全性

通过采用加密、虚拟专用网(VPN)和防火墙技术解决信息资源的访问控制和授权用户网络接入存在的隐患, 消除由于网络的可移动性和灵活性等为企业所带来的前所未有的安全风险。需要在成本、收益和安全性等方面折衷综合考虑。

#### (3) 服务质量

不同的数据、语音及视频业务需要考虑不同的服务质量, 在管理完善、带宽充足、延迟特性良好的IP网络上也需要保障服务质量, 以达到对数据、语音及视频业务的优先排

序, 从而满足不同业务服务的QoS。

从不同层面实现异类网络的融合解决上述问题, 需要通过基于Mesh技术的切换技术, 联合无线资源管理、端到端的QoS保证来实现:

#### (1) 移动管理中的切换技术

切换是无线移动通信系统特有的最重要的功能之一。同构蜂窝网中移动主机在小区内和小区间的切换统称为水平切换, 即移动主机在基于同一种链路层技术的不同接入路由器间的切换; 而移动主机在异构网络之间进行的切换称为垂直切换, 即移动主机在不同链路层技术和不同接入路由器间的切换, 此时该终端是具备能够在两种网络系统间工作的双模终端, 甚至是可重配置终端。异构网络切换的关键问题是设计出合理的切换算法, 保证用户的服务要求。垂直切换是异构网络融合的基础, 也是未来移动互联网的关键特征和核心技术。切换算法可以在维持较小丢包率的情况下, 有效地减少切换次数, 消除“乒乓效应”(由于终端的移动特性和无线信道的时变特性, 终端像乒乓球一样不停地在两个或多个接入点之间切换, 会造成负载抖动), 改善切换呼叫阻塞率, 取得较好的切



换性能。在面向全IP的下一代的无线通信系统中,采用移动IP来处理接入网间的切换,采用蜂窝IP来处理接入网内的切换。这种分层式的移动性管理策略很有研究价值。

#### (2)联合无线资源管理技术

与传统的无线资源相比,未来的异构无线资源并不仅仅指无线频谱,还包括无线网络中的其他资源,如移动用户的接入权限、信道编码、发射功率、连接模式等。传统无线资源管理的目标是在有限带宽的条件下,考虑在网络话务量分布不均匀、信道特性因信道衰弱和干扰而起伏变化等情况下,分配和调整无线传输部分和网络的可用资源,提高无线频谱利用率,防止网络拥塞和保持尽可能小的信令负荷。而联合无线资源管理(JRRM)则是针对所有异构网络的控制机制的集合。通过应用多种接入技术,可重配置或者多模终端技术,支持智能的呼叫和会话接纳控制技术,业务、功率的分布式处理技术,实现无线资源的优化使用和达到系统容量最大化的目标。JRRM涵盖了原有无线资源管理的各项功能。

JRRM主要包括两部分功能:联合会话准入控制(JOSAC)和联合资源调度(JOSCH),主要包括最优化异构网络的频谱效率,处理各种类型的业务承载以及用户和业务的各种QoS需求,对各种混合型业务流进行自适应地调度。JRRM设计主要有两个基本特征:适用于紧耦合的异构互通模式,具有分流的功能。未来的JRRM模式不再局限于单一的集中式管理,而是可以采用集中式、分布式以及介于两者之间的分级式的管理方式。JRRM需要终端乃至网络都具有可重配置性,从而能够满足接入允许控制和联合资源调度的综合管理需求<sup>[7]</sup>。

多接入选择(MRAS)作为JRRM中的关键技术,通过动态管理终端接入一个或多个不同的无线网络,可有效利用多接入增益。由多接入选择所带来的多接入增益包括两个方面:多接

入分集和多接入合并。另外JRRM通过负载均衡以及动态频谱分配等技术<sup>[8]</sup>,使得在多个可用无线网络之间能够以一种协调的方式自适应分配资源。

与JRRM相关的通用链路层,基于可重配置的链路层平台,完成不同无线接入技术的协同数据处理,为上层提供统一接口,充当多接入的汇聚层功能,隐藏底层多接入的异构性,将链路层上下文信息汇集到高层,实现不同RAT的无缝和无损的垂直切换。通用链路层(GLI)中一个重要的功能就是将来自高层的数据流动态切换到合适的RAT中,而上层完成最佳接入路径的选择,通过控制正在服务的无线资源管理模块,对GLI进行配置和重新配置,根据无线资源的可用情况和来自底层的判决信息,使数据流在不同的RAT之间进行切换<sup>[9]</sup>。

#### (3)端到端的QoS保证

由于异构网络的融合是完全基于IP的,因此对于任意具有IP互连能力的通信终端,端到端的呼叫不仅会跨越不同所有者的网络、采用不同接入技术,而且不同网络的QoS支持能力与QoS控制策略可能无法在呼叫发起之前获知。因此,在异构移动网络中提供完善的端到端QoS保证首先需要提供基于IP的QoS协商与联合资源分配机制,另外不同网络的QoS信息应该能够在同一体系中被表示与计算,可以引入跨层的反馈交互机制,最终实现自适应的端到端QoS保证。

### 2.3 基于Mesh技术的网络协同

协同和融合是一对统一体,异构无线网络的融合一般是在技术创新和概念创新的基础上对不同网络间共性的整合,而异构无线网络的协同,则是在技术创新和概念创新的基础上对不同网络间或同一网络内不同终端或不同技术间个性的整合。无线网络的融合是基于网络之间存在某种形式上的共性,融合是为了更好的服务于协同,即融合可以使原有各

无线通信网络更好地实现其原有功能,也为更进一步的功能实现和技术创新等协同操作提供了条件<sup>[10-11]</sup>。

异构网络的协同是为了得到单一网络或单一技术所不具有的能力,为用户提供一加一大于二的多样化服务。通过协同处理后的网络或技术的功能大于每个组成部分的功能之和,即追求系统理论中的“涌现”效应。基于Mesh技术的网络协同技术研究,包含如下内容:单一无线网络内部不同终端或不同技术的协同,以增强单一无线通信系统的性能;不同异构无线网络相互协同,以提供异构无线网络的“涌现”增益。异构无线网络的协同不是简单的叠加或拼凑,它涉及到从频谱协同到协议栈设计协同、空中接口协同、业务协同、异构终端通信技术协同、网络安全协同等方面<sup>[12-13]</sup>。

为实现同构与异构网络的内部及相互间的通信,同构无线接入网络内部采用协同多天线、协同编码、协同多路由汇聚等先进技术;异构无线接入网间采用协同处理机制,实现未来异构无线接入网络间的互联互通,减小传输时延,提高整个网络性能增益等。协同中继节点选择对于实现异构和同构无线接入网络的协同通信是非常关键的,主要内容包括:节点驻留、基于信号强度的协同中继节点粗确定、基于多目标优化的中继节点的细确定以及中继节点的功率配置和资源分配等。如在图2中,当Mesh网中某个手机用户因地理位置或衰落等原因无法连接到基站时,可以通过Ad Hoc方式连接下的另一Wi-Fi手持终端通过多跳、中继方式实现协同工作,接入核心网,实现业务通信功能。

另外,类似于融合,网络协同同样可以从几个层面来实现:单条无线链路,可以采用各种协同信道技术,包括协同多输入多输出(MIMO)、协同编码和协同多用户分集等;终端用户,可以通过多用户之间的协同,实现单个目标用户的高速数据传输或高服

务质量,解决传输时延等服务质量无法保障等问题;接入网,可以在多个无线接入网间通过协同实现高速数据传输,解决网间传输“瓶颈”问题;对于核心网,可以实现协同的多核心网融合。

为了构建一个先进的无线通信网络,不仅需要终端的协同而且需要网络的协同,在一定意义上讲,协同在信息领域的发展中将比融合更为重要,因为协同意味着新功能的出现,也意味着更多的技术创新机会。但目前协同的研究还处于初步阶段,大多停留在简单的技术层面上,网络间的协同还有待于我们进一步研究。

### 3 环境感知网络与未来网络融合与协同展望

针对异构网络的融合与协同,亚太、欧盟、北美3个具有代表性的地区相继提出一些观点相近的新概念,由此环境感知智能泛在网络(AUN)应运而生<sup>[14]</sup>。在AUN环境中,网络不再被动地满足用户需求,而是主动感知用户场景的变化并进行信息交互,通过分析人的个性化需求主动提供服务。相应地,终端设备具备智能型接口及环境感知能力,使人们使用起来更加简单和方便。AUN在传统网络业务应用层与网络接入及承载层之间加入3层:网络资源抽象平面、AUN控制平面、业务支撑及代理平面。统一的控制平面、网络动态重构控制系统及网络设备资源化是环境感知泛在网络有别于传统网络的显著特征。AUN为未来的信息社会提供了一个美好的愿景,它具有如下特征:环境感知性;

自组织、自愈性;泛在性、异构性;开放性、透明性;移动性、宽带性;多媒体、协同性;对称性、融合性。从以上特征可以看出,AUN不是颠覆性的网络革命,而是对传统网络潜力的挖掘和网络效能的提升。

随着无线技术的迅速发展,未来通信网络越发展异构化,各网络将经历从隔离到互通、从互通到协同的演进,通过网络间的融合与协同,对分离的、局部的优势能力与资源进行有序地整合,从而最终使系统拥有自愈、自管理、自发现、自规划、自调整、自优化等一系列新的功能,更加智能化,因此AUN为未来异构网络的融合与协同带来了希望,但要想真正拥有无处不在、无所不能的智能性网络,在技术和实现上还有很长的路要走。

### 4 参考文献

- [1] ETOH M. Trends in mobile multimedia and networks [C]// Proceedings of Web Technologies and Applications: 5th Asia-Pacific Web Conference (APWeb' 03) April 23-25, 2002, Xi'an, China. 2003:1-9.
- [2] MROHS B. Service adaptation framework for heterogeneous terminal devices [D]. Berlin, Germany: Technical University of Berlin. 2006.
- [3] 舒炎泰,刘春贵. 基于wireless mesh技术的异构网络的融合[J]. 国际学术动态, 2007(1):1-2.
- [4] 周光斌. 网络融合 [J]. 数据通信, 2006(1): 18-19.
- [5] JAVAID U, MEDDOUR D E, RASHEED T, et al. Towards universal convergence in heterogeneous wireless networks using ad hoc connectivity [C]//Proceedings of 9th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC'06), Sep 17-20, 2006, San Diego, A, USA. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2006: 464-468.
- [6] SINGH J P, ALPCAN T, ZHU X, et al. Towards heterogeneous network convergence [C]//Proceedings of 8th International Conference on Middleware for Next-generation Converged Networks and Applications (MNCNA'07), Nov 26, 2007, Newport Beach, CA, USA. 2007.
- [7] GAO X, WU G, MIKI T. End-to-end QoS provisioning in mobile heterogeneous networks [J]. IEEE Wireless Communications, 2004, 11(3):24-34.
- [8] 彭木根,孙卓,王博文. WiMAX 与3G LTE 网络互联与融合技术研究 [J]. 电信科学, 2007, 23(1):10-15.
- [9] 李军,宋梅,宋俊德. 一种通用的Beyond 3G Multi2Radio 接入架构 [J]. 武汉大学学报:理学版, 2005, 51(S2):95-98.
- [10] 刁心玺,宋荣方,宁录游. 多网协同及TD-SCDMA的产业化机会 [J]. 中兴通讯技术, 2006, 12(4):54-56.
- [11] FRANK H P, MARCOS D. Cooperation in wireless networks: Principles and applications [M]. Dordrecht, the Netherlands: Springer, 2006.
- [12] POLITIS C, ODA T, DIXIT S, et al. Cooperative networks for the future wireless world [J]. IEEE Communications Magazine, 2004, 42(9):70-79.
- [13] 彭木根,王博文. 基于协同机理的下一代宽带无线通信系统 [J]. 数据通信, 2007(2):1-5.
- [14] NIEBERT N, PRYTZ M, SCHIEDER A, et al. Ambient networks: A framework for future wireless internetworking [C]// Proceedings of 61st Vehicular Technology Conference: Vol5, May 30-Jun 1, 2005, Stockholm, Sweden. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2005: 2969-2973.

收稿日期:2008-03-17

### 作者简介



田峰,南京邮电大学自动化学院讲师、博士。主要研究方向为无线通信与网络信号处理、认知无线电与频谱资源管理。



杨震,南京邮电大学校长、教授、博士生导师。主要研究方向为无线通信与网络信号处理、语音处理与现代语音通信技术、信息安全技术。

广告  
索引

A1—A3、封底:中兴通讯股份有限公司

