

无线数字家庭网络泛在接入技术

Ubiquitous Access Technology for Wireless Digital Home Networks

摘要: 数字家庭网络是通信领域的一个重要分支,近年来发展非常迅速。基于电信网络的数字家庭网络体系结构在中国已经标准化,但就接入方式而言,只是定义了可以使用无线方式,如何组建无线数字家庭网络是未来研究的重点。文章提出了无线数字家庭网络泛在接入概念,给出了无线泛在接入网络体系结构,并就其中的关键技术进行了探讨,包括感知无线电、无线网状网(Mesh)网络理论、通用接入点链路转换机制、业务的QoS保障机制以及电磁兼容和异构系统共存机制等。

关键词: 无线数字家庭网络;泛在接入;感知无线电;无线网状网

Abstract: Digital home networks, an important communications branch, have been developing rapidly in recent years. Digital home network architecture based on telecommunication networks has been standardized in China. However, only the wireless access mode has been defined for access to digital home networks. How to establish wireless digital home networks is a research focus in the future. This paper proposes the concept of ubiquitous access to wireless digital home networks, and presents architecture of the wireless ubiquitous access network. Moreover, it analyzes the key techniques for implementing wireless ubiquitous access, including cognitive radio, wireless mesh, link transfer mechanism of generic access points, QoS guarantee mechanism, and Electromagnetic Compatibility (EMC) and co-existence of heterogeneous systems.

Key words: wireless digital home network; ubiquitous access; cognitive radio; wireless mesh network

彭木根/PENG Mu-gen¹

姜涌/JIANG Yong²

王文博/WANG Wen-bo¹

(1. 北京邮电大学 电信工程学院, 北京 100876;

2. 中国普天信息产业股份有限公司, 北京 100053)

(1. School of Telecommunication Engineering, Beijing University of Posts and

Telecommunications, Beijing 100876, China;

2. China Potevio Co., Ltd., Beijing 100053, China)

中图分类号:

TN915;TN92

文献标识码:

A

文章编号:

1009-6868 (2006) 04-0041-06

随着信息技术的迅猛发展,人类社会已经从工业社会进入信息社会,信息社会对人们的生活产生了巨大的影响,它改变着我们的行为、思维方式,20世纪80年代初美国学者托夫勒在其著作《第三次浪潮》中就预言信息社会中人们的生活中心将从工业社会的以社会为核心回归以家庭和个人为核心^[1],从通信领域来看,数字家庭网络将成为热点,在信息社会中具有重要的地位。

数字家庭网络是为了满足用户的某些需求而组建的,为用户提供一

定业务与应用的网络。用户的需求可以是有限范围内多个设备之间的信息流通,也可以是有限范围内的多个设备与公共网络之间的信息流通,甚至可以是有限范围内的所有设备之间以及这些设备与公共网络之间的信息流通。数字家庭网络可以基于无线也可以基于有线架构,需要注意的是,宽带无线接入在全球不断升温,近几年来中国的宽带无线用户数增长势头也十分强劲。作为宽带无线接入的研究重点,无线数字家庭网络拥有广阔的市场空间。据In-Stat/MDR公

司预测,家庭网络市场将于2007年增长至53亿美元,在这个市场内,家庭多媒体无线网络技术将占据大约49%的份额,即26亿美元^[2]。

数字家庭网络采用无线接入方式有着广泛的应用前景。随着家用电器、移动设备和电脑设备技术不断更新和提高,三者之间的无缝交互,消费者在家电、移动设备和电脑设备上获取、查看和管理越来越多的数字媒体内容,在家中不同的地方通过不同的设备轻松便捷地欣赏媒体内容,实现无线数字家庭网络化已成为发展

▼表1 3种主要短程无线通信技术的特性

技术	工作频率	数据速率	通信距离	网络特征	应用场景
UWB	3.1 ~ 10.6 GHz(美国)	100 ~ 500 Mb/s	<10 m	点到点网络	家庭娱乐、计算机周边高速连接、高速视频传输
蓝牙	2.4 GHz	<1 Mb/s	10 m	Ad Hoc网络	无线耳机、台式计算机、掌上电脑、笔记本电脑的无线连接
ZigBee	902 ~ 928 MHz(美国) 868 MHz(欧洲) 2.4 GHz(ISM)	20 kb/s 40 kb/s 250 kb/s	10 ~ 100 m	星型网络、对等网络	工业监控、传感器网络、游戏机、家庭自动化
ISM: 免许可证频段				UWB: 超宽带	

的趋势。无线数字家庭网络具有短程特性,更关注最后10 m的接入,它将以超宽带(UWB)作为高速短程无线通信技术的核心,这样能够保证家庭环境下的消费电子、办公设备、计算机周边设备和移动通信终端等通信速度。但是,只是具有链路间的高速传输速度,无法保证能够组建一个高速的无线数据家庭网络,必须定义其网络架构和媒体介入层的相关协议。

1 无线数字家庭网络研究和标准化现状

从无线空中接口来看,无线数字家庭网络属于数字家庭网络的接入子网,从其无线通信的距离来看,属于短程无线个域网(WPAN)的技术范畴。对于短程无线个域网来说,目前主要侧重使用超宽带(UWB)技术来提供短程的高速信息传输,也可以用来提供测距和定位等功能。超宽带技术相对于扩频通信等传统窄带和宽带通信方式而言是一种全新的通信方式,从信号的产生角度看,超宽带技术可以不采用正弦波将基带信号调制到信道上,而采用基带信号直接激励天线发射超短时宽的冲激脉冲,以时域窄脉冲作为信息载体。目前,UWB主要有两种通信技术,一种为基于窄脉冲的超宽带技术,主要由Motorola等公司倡导;另一种为类似于正交频分技术的脉冲化多波超宽带技术,主要由Intel公司倡导。但这两种超宽带通信技术中国并不具有自己的知识产权,而且其相应的标准和应用还没有成熟,相反,冲激脉冲型的UWB技术中国具有一定的知识产权

优势,并且就冲激脉冲型UWB技术本身而言,具有数据传输率高,定位精确等特点,能支撑更多的业务类型。超宽带的技术标准主要在IEEE 802.15工作组进行。该标准有两个,一个是极短程、极高数据率的802.15.3a协议,另一个是较长距离、低数据率的802.15.4a协议。

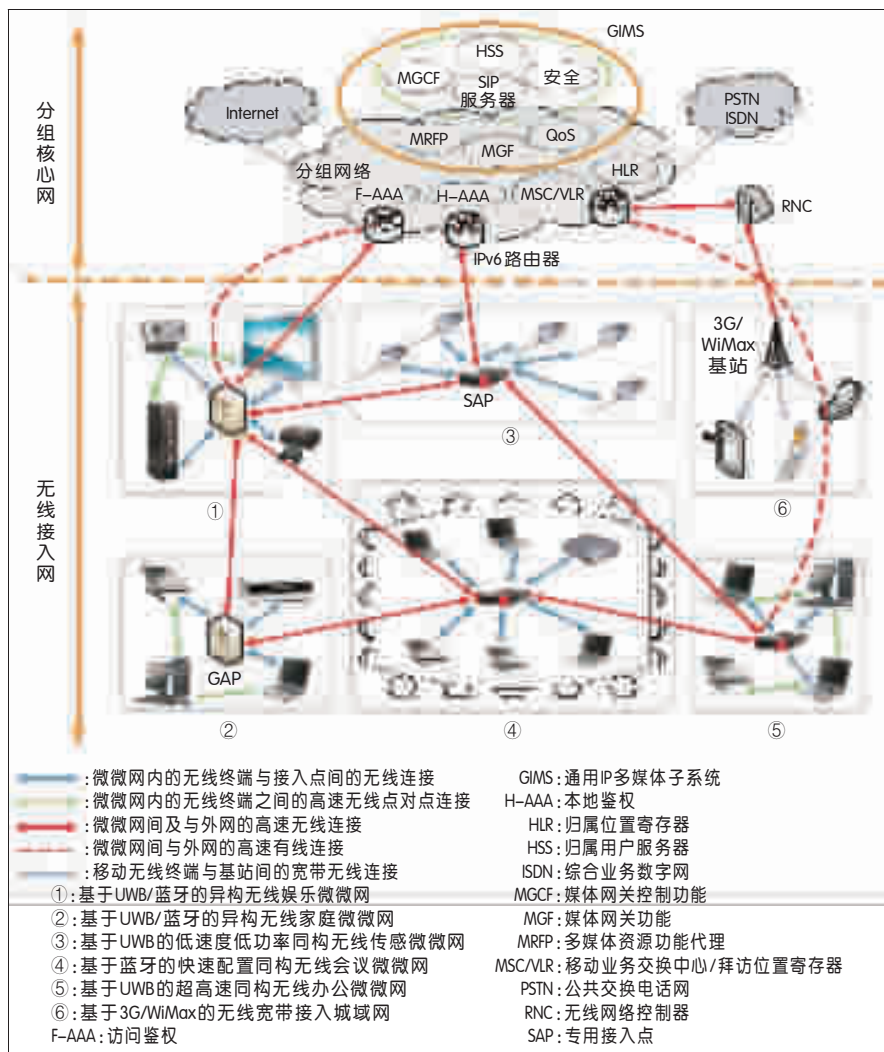
蓝牙技术是另一种目前使用较广泛的无线通信方式,是一种实现无线数据与语音通信的开放性全球规范,其实质内容是为固定设备或移动设备之间的通信环境建立通用的近距无线接口,将通信技术与计算机技术进一步结合起来,使各种设备在没有电线或电缆相互连接的情况下,能在近距离范围内实现相互通信或操作。其标准工作主要由蓝牙特别兴趣组(Bluetooth SIG)完成,传输频段为全球公众通用的2.4 GHz免许可证频段(ISM),提供1 Mb/s的传输速率和10 m的传输距离。

还有一种主要的短程无线个域网技术是Zigbee技术。Zigbee是一种新兴的短程、低功率、低速率无线接入技术。它工作于无需注册的2.4 GHz ISM频段,传输速率为10 ~ 250 kb/s,传输距离为10 ~ 75 m。它看起来更接近于蓝牙,但比蓝牙更为简单,具有更低的传输速率和功率消耗,且大多数时间处于睡眠模式,更加适用于那些不需要实时传输或连续更新的场合,如工业控制领域和传感器网络。Zigbee的主要支持者联合起来成立了Zigbee联盟,共同推进该技术的进一步发展和应用,该联盟目前已有70个成员。该联盟7个最初的发起企业是:

Emer、Honeywell、Invensys、三菱、摩托罗拉、三星和飞利浦。Zigbee是IEEE 802.15.4标准的扩展集,802.15.4工作组主要负责制订物理层及媒体访问控制(MAC)层的协议,Zigbee定义了应用层和安全方面的规范,使得来自不同厂商的设备可以相互对话。

其他具有发展潜力的短程无线个域网标准包括:短距通信(NFC)、WiMedia、GPS、DECT、无线1394和专用无线系统等。这些技术或基于传输速度、距离、耗电量的特殊需要,或着眼于功能的扩充性,或符合某些单一应用场景的要求,或满足竞争技术的差异化等。表1给出了3种主要短程无线通信技术的特性。

目前,支持短程无线个域网的标准主要是IEEE 802.15系列,它是为特定的无线短程无线通信网络,即无线个域网,所量身定制的标准,虽然目前该标准还没有成熟。1998年IEEE 802.15工作组成立,主要致力于研究个人区域网络和短程无线网络标准化问题。根据数据速率、功耗以及对服务质量(QoS)的要求的不同,IEEE 802.15工作组定义了3种不同类型的无线个域网(WPAN)标准,它们分别是传输速率高于20 Mb/s的高速无线个域网(HR-WPAN)、传输速率1 Mb/s的中速无线个域网(MR-WPAN)和传输速率比较低的低速无线个域网(LR-WPAN)。IEEE 802.15工作组还成立了专门的任务组分别对他们进行标准化。IEEE 802.15.1是IEEE提出的第一个取代有线连接的无线个域网技术标准,以蓝牙技术为基础,属于中速短程无线通信网络。IEEE 802.15.2于1999年成立,主要目标是为IEEE 802.15无线个人网络发展推荐应用。它可以与基于开放频率波段的其他无线设备(如IEEE 802.11设备)共存。为其他802.15标准提出修改意见以提高与其他在开放频率波段工作的无线设备的共存性能。IEEE 802.15.3的目标在于得到更高的数据传输率,取得低成本和低电能消耗,



▲图1 异构泛在数字家庭无线接入网络体系结构

同时还与蓝牙兼容,为低功率、低成本的短程通信制订高速率WPAN标准。此外,工作组3a(TG3a)进行IEEE 802.15.3超高速WPAN物理层可选标准的制订工作,用以替代高速WPAN的物理层,超宽带(UWB)技术目前为其主要考虑的技术。对于一些只需要简单的无线连接的应用领域,对数据速率的要求不高,对功耗的要求则更为严格,如工业控制和家庭网络,IEEE 802.15.4工作组由此应运而生。工作组研究定位于低数据传输率的应用设备,为个人区域网络应用提供综合的网络解决方案。工作组4(TG4)主要负责制订物理层及MAC层的协议,其余协议主要参照现有标准。

需要注意的是,无线数字家庭网络是一个新兴的无线应用领域,对满足家用市场需求的无线技术尚不断的探寻之中。目前,中国的标准化协会已经正式开始对基于电信网络的数字家庭网络进行标准化工作,包括家庭网络支持的电信类业务、家庭网络的参考模型、家庭网络功能要求、家庭网络的媒体格式、家庭网络的编号及地址、家庭网络的性能设备的电磁兼容(EMC)要求、家庭网络设备环保要求等,但无线数字家庭网络的相关标准化工作还没有启动。

2 无线数字家庭接入技术

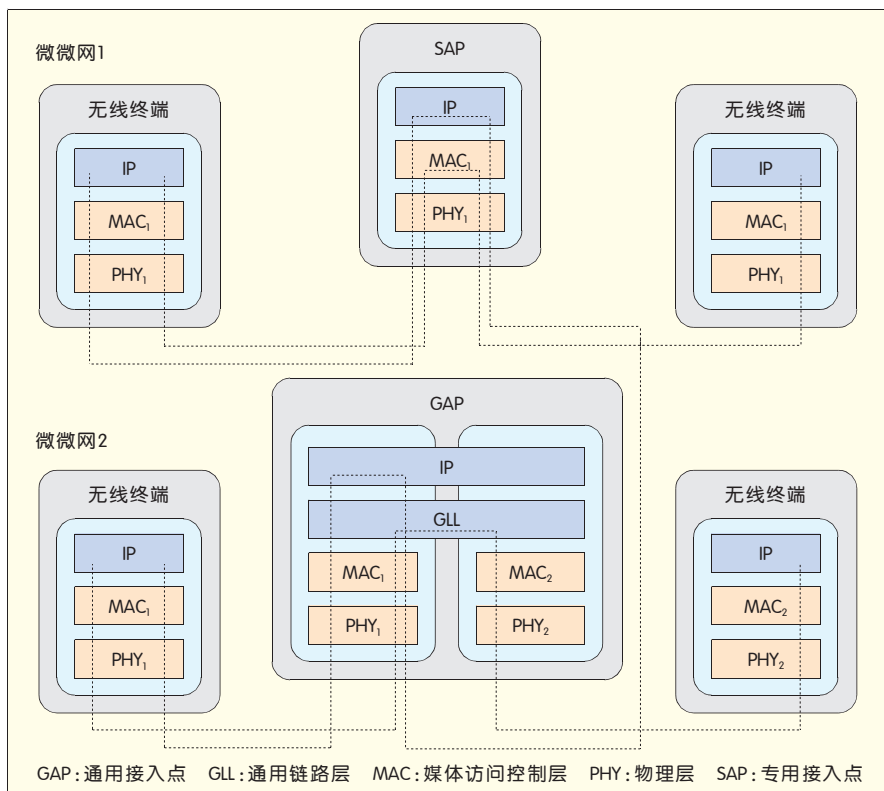
2006年2月,中国通信标准化协

会(CCSA)批准了《基于电信网络的家庭网络总体技术要求》和《基于电信网络的家庭网络设备技术要求——家庭网关》两项通信行业标准报批稿。在这两份报批稿中,对基于电信网络的数字家庭网络体系结构进行了详细定义,阐述了数字家庭网络的功能,并就其支撑的业务进行了探讨。在标准中明确规定,对于数字家庭网络来说,其接入方式可以是无线的也可以是有线的^[3]。从未来通信技术的发展来看,无线宽带接入是数字家庭网络的重要发展方向。由于目前的标准还没有讨论无线接入技术,下面提出一种适合数字家庭网络的无线泛在异构接入架构,并阐述其中的关键技术。

对于数字家庭网络的无线接入承载环境,这里称为微微网。图1所示的无线终端可以是单模或多模节点,支持单一或多种不同无线数字家庭网络物理层接入模式。其中同构微微网内的无线终端接入所在微微网内的专用接入点,网内通信可以采用点对点或采用专用接入点中继的方式;而异构微微网内的无线终端接入所在微微网内的通用接入点。网内同构节点之间的通信可以采用点对点或采用通用接入点中继的方式,网内异构节点之间的通信由通用接入点提供中继。

专用接入点具备同构无线数字家庭网络网内控制功能,通用接入点具备异构无线数字家庭网络网内分布式通信功能,无线数字家庭网络间可以通过有线或无线的方式进行异构互连和协同应用。专用/通用接入点均可自适应地处理时域、频域、码域、空域信号,精细调度频谱资源,同时提供对外以有线或无线的方式高速接入分组核心网的服务,从而与未来移动核心网络(B3G/4G)互为支撑,统一享有通用IP多媒体子系统(GIMS)的服务。

GIMS能够通过采用IP多媒体应用为任何状态的用户提供语音和数



▲图2 异构泛在无线数字家庭网络整体协议框架结构

据通信业务,支持与现有的固定/移动语音和IP数据网络(如PSTN、Internet)等进行互通,从而形成全IP多媒体核心网。为了满足不同业务和外部接口的需要,GIMS由以下几个功能模块组成:归属用户服务器(HSS)、媒体网关控制功能(MGCF)、多媒体资源功能代理(MRFP)、媒体网关功能(MGF)、安全功能模块、QoS功能模块、会话启动协议(SIP)服务器等。

基于该整体网络体系结构,根据支撑的业务和服务、终端节点物理层技术以及通信需求不同,可能的应用场景包括:

(1)同构微微网内通信

此时专用接入点负责其所在微微网内与各终端节点间信令信息的控制,并根据物理层技术的不同支持,保证两个同模终端节点直接进行点对点通信或由专用接入点进行数据的中继传输。

(2)异构微微网内通信

异构微微网内通信时通用接入

点负责其所在微微网内与各终端节点间信令信息的控制,并根据物理层技术的不同支持,保证两个同模终端节点直接进行点对点通信或由通用接入点进行数据的中继传输,以及两个异模终端节点由通用接入点进行数据的中继传输。

(3)同构微微网间通信

此时专用接入点负责跨微微网的同构终端节点间通信,其功能包括无线网状网(Mesh)路由、资源分配和调度,以及分布式功耗等。

(4)异构微微网间通信

此时通用接入点负责不同接入模式的终端节点在异构微微网间的通信,可以采用无线或有线的方

式。无线数字家庭网络互联体系结构及分布式控制机制将会为用户提供一个通用的业务体系结构,满足用户随时随地的不同需要的多元化业务需求。无线移动通信技术和计算机技术的融合将使得不同形态不同组织结构的网络协同工作,这种协同式

的服务并非简单的异构网络的融合,而是通过不同网络的差异和互补性来实现资源的有效整合,使其充分发挥局部优势,为用户提供无处不在的人性化的服务。从协议栈的角度看,异构泛在无线数字家庭网络的整体协议框架结构如图2所示。

网络层基于异构无线数字家庭网络的特点,使用分布式Mesh路由机制。这种技术比起传统的点对多点通信技术具有诸如节能、自配置、自愈性和易扩容等很多优势。

数据链路层之上使用通用链路层,它的主要作用包括:

(1)作为多种接入技术汇聚子层,对上层提供统一的接口,屏蔽下层多种接入环境。

(2)控制和补充各种接入技术的MAC层功能,即尽可能地有效利用多系统无线资源管理分配的无线资源。

控制部分使用多系统间的分布式无线资源管理,有效利用无线资源,保证异构网络下的多种业务的QoS。同时考虑功率控制、网络安全信息等的管理。在这种异构无线数字家庭网络中,需要采用一些关键技术,比如感知无线电技术、无线Mesh技术等等。

2.1 感知无线电

感知无线电(CR)技术是软件无线电技术的演化,是一种新的智能无线通信技术,它具有智能性,能够使无线设备及其天线感知其所处的射频(RF)环境,并在必要时调节所使用的频带以避免发生干涉,从而指导软件定义无线电(SDR)选择正确的执行方式和参数。

感知无线电的基本原理在于传输信号时,首先要分析无线传输场景。在无线场景下发送端产生的激励一般都是非稳态的空时信号,过程主要由空时处理完成。在接收端,通过判断不同频段下的干扰大小,检测干扰小的可用频段,并且做出对一些传输参数进行调整的判决。接收端所有

的这些信后反馈到发送端,用于控制发信信号的功率和占用的频谱等。另外,对于时分复用模式,考虑到无线信道的互易性,可以应用自适应天线波束形成技术进行干扰抑制。

在无线数字家庭网络中,由于物理层一般可使用UWB设备,它具有占用宽频带的特色,通过使用感知无线电技术,进行动态频谱分配,调整射频端的发射功率,从而避免强的干扰,提高泛在网络的系统性能。

2.2 无线网状网

对于无线数字家庭网络来说,各种终端将组成一个分布式无线网络。在目前的分布式网络研究领域,无线Mesh网络技术有望给无线宽频带领域带来重大变革。在无线Mesh拓扑结构下,网络中的每个节点都具备路由的功能,每个节点只和邻近节点进行通信,因此是一种自组织和自管理的网络。实际上,无线Mesh网络更像是Internet本身的一种无线版本,分组数据从一个路由到另一个路由进行传递直至到达其目的地。这些特点使无线Mesh网络比起传统的点对多点通信网具有诸如节能、自动配置和易扩容等优势,很多公司如诺基亚公司、北电公司等开始将无线Mesh技术用于宽频网络接入(相关标准是IEEE 802.11n),并且相关的无线路由器等产品也已开始商用^[4]。

目前,无线Mesh仍处于关键技术研究与初步应用阶段,在IEEE 802各无线接入标准化组织中都有涉及,IEEE 802.15已成立了无线个域网Mesh工作组(TG5 WPAN Mesh Networking)。无线Mesh技术应用于基于UWB、蓝牙或其他接入技术的异构无线接入网络,实现网间互联互通,其潜在优势和可能取得的技术性突破包括:

- 通过中继拓展无线数字家庭网络的覆盖范围。
- 可用带宽随节点数的增多而增加,从而提高频谱利用率,增加系统容量。

• 初期建设费用低,无需复杂中继基础设施的安装。

- 网络具有可伸缩性,易扩容。
- 分布式自配置、自组织。
- 多路由选择,增强系统柔韧性和自愈能力。

2.3 通用接入点链路转换机制

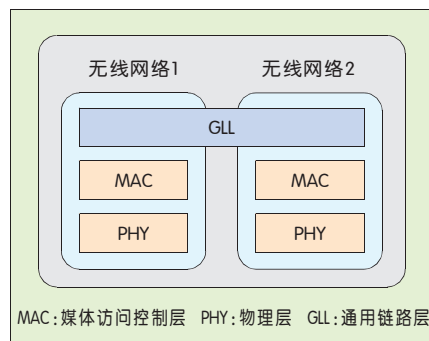
在异构无线家庭网络中,通用接入点负责不同模式的无线家庭网络间的数据传递与转发,因而通用接入点需要具备与不同无线家庭网络节点进行通信的功能,同时还要具备与外部网络进行通信的功能(有线或无线方式)。通用接入点应被设计为可软件配置的多模设备,支持与多个无线家庭网络自适应通信。目前解决方法为,在物理层和MAC层之上,加入通用链路层(GLL),如图3所示。

GLL主要以完成如下功能:

- 对上层协议(如IPv6)提供统一接口。
- 进行不同无线家庭通信网络间的MAC协议数据单元(PDU)映射,以支持不同无线家庭网络设备之间通信。
- 支持动态的无线家庭网络接入及选择机制。
- 模块化的结构,以支持新的无线家庭网络标准。

由于不同网络MAC标准有很大差异,表现在:首先,物理帧结构不同,使得依赖于帧长及微时隙的调度时间等级会有很大差异;其次,同样由于帧结构的差异,不同网络技术下的MAC分组数据单元(PDU)大小不同;另外,特定网络采用特定的频谱、双工方式、调制编码方式及网络结构,导致所支持的业务速率也可能会有很大差异。因此,需要研究并设计适应性非常好的GLL功能,从而保证较优的包格式、速率匹配及业务质量等需求。

另外,因为异构无线家庭网络需要通过接入点与外部网络,如互联网、蜂窝通信网、城域网等进行通信,



▲图3 通用链路层

而设计一个支持高速吞吐量的通用接入点(AP),可以有多种可选方案。一种为基于未来全IP网的概念,异构无线家庭网络中的接入点(AP)可直接接入相应的IP网边缘路由器。另外一种方案融合无线城域网技术,将通用接入点作为WiMAX系统中的一个用户节点,通过WiMAX空中接口连接到骨干网。

2.4 业务的QoS保障机制

未来的异构无线家庭网络必须能支持各种多媒体业务。不同的业务类型具有不同的服务质量的要求,如视频流等实时业务对时延很敏感,要求的速率也很高,而一些文件的传输则相对能忍受更长的时延。鉴于业务及业务要求的多样性,未来的异构无线家庭网络应采用有效的QoS保障机制,为各种具有不同时延、时延抖动、速率、丢包率等QoS要求的业务提供可接受的服务。按照上述的异构无线家庭网络的网络结构,QoS的保障主要体现在两个方面。一方面,同构结点间的通信,如果必须经由专用接入点,则专用接入点应能在控制范围内保证结点通信的即时性和通信速率,限制差错率;若多个结点间可直接通信,则需要采用有效机制对它们之间的通信进行协调和控制,以提高通信效率和资源利用率。另一方面,对于异构的通信实体,通用接入点应能通过有效的资源管理方式以及对不同业务、不同结点的调度和控制以及其他的有效措施来保证所需的通信质

量,如尽量缩短异构网络之间数据的处理时延等。

QoS的支持不仅仅要考虑无线接入网,需要考虑端到端的通信。从整个家庭网络来看,它支持的QoS保证功能可分为3种类型,并形成相互独立但有机关联的3个平面:控制平面、数据平面和管理平面。

控制平面内包含了一系列与用户流量传播路径相关的控制功能。家庭网络支持的控制平面QoS功能包括接纳控制和资源预留。接纳控制功能支持在网关节点的入口处控制流量能否接入网络。通常情况下的接入标准是一个策略驱动的决策过程,流量是否被接入取决于已经协商确定的用户服务的优先等级。接纳决策依赖于网络中可用资源的多少和接入该流量后是否会影响已被接入到网络中的其他流量的服务性能。接纳控制机制确保服务提供者在和用户的交易过程中协商确定的性能参数能够得到满足,同时能满足用户期望的(也是由服务提供者和用户事先协商约定的)服务可用性和可靠性;对于用户业务流量,连接接纳控制分4种优先等级:紧急服务(一般保留给应急通信流量)、高优先级、一般优先级和尽力传送。而资源预留机制支持高优先级业务的资源预留功能,支持认证、授权和计费(AAA),并能够在多个服务提供者争用资源时进行仲裁。

数据平面内包含的是直接涉及用户流量的控制功能。家庭网络支持的传送平面QoS功能包括流量分类、分组标记、流量整形和流量管制、排队和调度、拥塞避免、缓存管理等。

管理平面内包含的机制涉及网络运营、管理等方面。家庭网络的管理平面QoS控制功能包括流量计量和测量、策略管理等。

对于家庭网络的网关而言,它最好支持策略执行点(PEP)功能,并与接入网/广域网内的策略决策点(PDP)相互协同。PEP与PDP之间交换的策略信息可包括分组标记、接纳判决、

用户优先级、显式路由、分组丢弃、队列带宽分配、按需增值业务、对网络拥塞的响应动作等。

2.5 电磁兼容和异构系统共存机制

系统共存的一个重要因素和频率资源分配和干扰避免密切相关,这时就牵涉到不同系统间的资源协调控制。基于感知无线电机,家庭接入网的不同电子设备间的电磁干扰较少,但仍需要从理论上给出实际的异构泛在无线家庭网络的电磁兼容和系统共存机制,确保相互之间的电磁干扰达到相关标准。

对于无线家庭网络来说,其可使用的频谱仍然没有确认。如果物理层采用UWB技术,则由于UWB设备需要在很宽的频带中与其他无线通信系统共存,UWB系统在防止受到其他系统干扰的同时,要保证其他系统的正常使用。这点是UWB技术能否顺利推广的重要因素。即使UWB设备能够满足相关频率监管部门的发射功率限制,仍需要规避某些敏感频段^[5]。

基于UWB的无线家庭网络系统共存和电磁兼容理论还有很多工作要做,如频谱尚未划分、发射功率的限制要求尚未确定、作为频谱划分依据的兼容性研究和测试技术尚不成熟、技术方案尚未选定等。

3 结束语

数字家庭网络作为宽带网络的延伸和宽带增值服务的扩展,将为电信运营商提供新的机遇。数字家庭网络是传统电信网络延伸入家庭的部分,是电信多业务运营和管理的桥头堡。利用数字家庭网络,可延续和保证传统电信运营商的端到端业务及新业务的运营。

目前,有关数字家庭网络的中国标准化工作刚刚启动,预计2009年能取得初步阶段性成果。但是对于其无线接入机制,目前还没有展开研究。传统的集中控制的典型接入机制对于数字家庭网络同样适用,而传统消

费电子产品与带宽的限制使各终端采用对等通信的方式将变得非常流行,所以无线Mesh机制将在未来的数字家庭接入网中占有重要地位。考虑到未来网络的泛在异构性,本文专门提出了一种新型接入网架构,并讨论了其中的关键技术。如何解决这些关键技术,是未来的研究重点和难点,也是未来无线宽带通信系统的研究方向。

4 参考文献

- [1] 托夫勒·A. 第三次浪潮[M]. 朱志焱,等译. 北京:三联书店,1983.
- [2] 黄标,彭木根,王文博. 无线数字家庭组网技术研究[J]. 中国无线电,2005(11): 57-61.
- [3] 基于电信网络的家庭网络总体技术要求[EB/OL]. [2006-02-09]. <http://www.cwts.org/worknews/content.php?id=849>.
- [4] 彭木根,刘觅,王英杰,等. 基于Mesh网络拓扑结构的无线城域网调度机制[J]. 电信快报,2006(1):19-23.
- [5] 彭木根,黄标,王文博. 超宽带通信技术干扰共存研究[J]. 电信工程技术与标准化,2005(8): 61-66.

收稿日期:2006-05-10

作者简介



彭木根, 北京邮电大学电信工程学院毕业,博士,讲师。长期从事第三代移动通信WCDMA和TD-SCDMA系统关键技术、无线资源管理算法、网络规划优化等方面的研究。已出版专著2部、译著2部,发表学术论文60余篇。



姜涌, 中国普天信息产业股份有限公司终端事业本部副总裁,中国通信学会委员会委员,北京通信信息协会常务理事,北京电子学会常务理事。长期从事移动通信系统、终端的规划、开发和制造。



王文博, 北京邮电大学教授、博士生导师、电信工程学院院长。北京通信学会理事,青年工作委员会副主任,《北京邮电大学学报》编委,北京邮电大学学术委员会常务委员。长期从事移动通信无线传输理论和技术、无线通信网络理论、宽带无线接入互联网以及数字信号处理与软件无线电理论的研究。已发表学术论文100余篇,出版专著5部。