

异构网络融合中的QoS与通信容量研究

QoS and Communications Capacity in Heterogeneous Networks Convergence

中图分类号:TN929.5 文献标识码:A 文章编号:1009-6868 (2008) 03-0005-04

摘要:使任何用户在任何时间任何地点都能获得具有服务质量(QoS)保证的服务,同时提高网络的覆盖范围和通信容量,是异构网络融合必须考虑并解决的关键问题。异构环境下具有QoS保证的关键技术研究以及通信容量分析是异构网络融合的重要研究内容。异构网络融合中具有QoS保证的关键技术研究主要在呼叫接入控制(CAC)算法、垂直切换算法、异构资源分配算法和网络选择算法等无线资源管理算法方面。在异构网络融合系统中使用新颖的多跳网络结构可以扩大网络的覆盖范围,降低传输功率,增加系统通信容量和吞吐量。

关键词:异构网络融合;服务质量;资源管理;通信容量;多跳

Abstract: To provide any subscriber from anywhere at anytime with services that have both secured Quality of Service (QoS) and simultaneous expansion of network coverage and communications capacity is a key problem that has to be considered and solved in heterogeneous networks convergence. Key technologies for a secured QoS and communications capacity analysis under heterogeneous environment are important subjects for research. Key technologies for a secured QoS are mainly on radio resource management algorithms covering Call Admission Control (CAC) algorithm, vertical handoff algorithm, heterogeneous resource allocation algorithm, network selection algorithm, etc. The applications of a novel multi-hop in heterogeneous convergence system serve the purposes of network coverage expansion, transmission power reduction, system communication capacity and throughput increase.

Key words: heterogeneous networks convergence; QoS; resource management; communications capacity; multi-hop

无线通信技术近些年来得到了迅猛发展,层出不穷的无线通信系统为用户提供了异构的网络环境,包括无线个域网(如Bluetooth)、无线局域网(如Wi-Fi)、无线城域网(如WiMAX)、公众移动通信网(如2G、3G)、卫星网络,以及Ad Hoc网络、无

线传感器网络等。尽管这些无线网络为用户提供了多种多样的通信方式、接入手段和无处不在的接入服务,但是,要实现真正意义的自组织、自适应,并且实现具有端到端服务质量(QoS)保证的服务,还需要充分利用不同网络间的互补特性,实现异构无线网络技术的有机融合。

异构网络融合是下一代网络发展的必然趋势。在异构网络融合架构下,一个必须要考虑并解决的关键问

题是:如何使任何用户在任何时间任何地点都能获得具有QoS保证的服务。异构环境下具备QoS保证的关键技术研究无论是对于最优化异构网络的资源,还是对于接入网络之间协同工作方式的设计,都是非常必要的,已成为异构网络融合的一个重要研究方面。目前的研究主要集中在呼叫接入控制(CAC)、垂直切换、异构资源分配和网络选择等资源管理算法方面。传统移动通信网络的资源管理算法已经被广泛地研究并取得了丰硕的成果,但是在异构网络融合系统中的资源管理由于各网络的异构性、用户的移动性、资源和用户需求的多样性和不确定性,给该课题的研究带来了极大的挑战。

在保证不同用户QoS的同时,能否扩大网络的覆盖范围并实现无缝连接以及能否提高通信容量,是异构网络融合能否成功的关键,也是不同网络运营者是否愿意将网络相互融合的前提,因而,通信容量分析是异构网络融合研究的另一个重点。

1 具有QoS保证的资源管理技术

对于异构网络资源管理技术的

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(“973”计划)(2007CB310606)、江苏省科技成果转化专项资金项目(BA2006101)

研究,目前主要集中在呼叫接入控制算法、垂直切换算法、异构资源分配算法和网络选择算法等方面。

1.1 呼叫接入控制算法的研究

传统蜂窝网络中的呼叫接入控制算法已经得到了广泛的研究。不同于蜂窝网络,异构网络融合系统中多种无线接入技术的存在以及多媒体应用的不同QoS要求,给设计有效的CAC算法带来极大的挑战。

(1)各网络的异构特性

异构网络融合系统具有多种无线接入技术,不同的无线接入网络呈现出异构特性。如蜂窝网络是有基础设施的无线网络,基站控制和管理各移动用户对信道资源的接入,向用户提供具有QoS保证的服务。而IEEE 802.11无线局域网(WLAN)则采用了载波侦听多点接入/冲突避免(CS-MA/CA)的信道资源接入方式,尽管IEEE 802.11e标准考虑了实时业务的信道资源接入,增强了对QoS的保证,但是与蜂窝网络相比,只是提供了对实时业务相对较弱的QoS支持。由于用户在具有异构特性的网络间的移动产生了垂直切换,在设计CAC算法时应该考虑到这一特殊的切换呼叫类型,确定该类切换的优先级,推导和计算出该类切换的中断概率。垂直切换中断概率成为异构网络融合系统的一个重要性能指标,应该限制在可接受的范围内。

(2)用户移动性

具有大范围覆盖的网络中用户通常移动速率较高,而应用于室内环境的无线局域网、无线个域网等短距离通信网络中的用户通常移动速率较低或者处于相对静止状态。因而,在融合了多个网络的环境下,传统的用户均匀移动模型已经不再合适,需要考虑不同覆盖区域内用户的不同移动性。

(3)多种业务类型

异构网络融合系统提供了多种业务类型,不同类型的业务需要不同

的QoS保证。语音、视频等实时业务是时延敏感而分组丢失可承受的,非实时业务是分组丢失敏感而中等时延敏感的,文件传输等尽力而为业务是分组丢失敏感但对时延相对不敏感的。不同的网络对不同的业务有不同的支持能力。蜂窝网络能够提供对实时业务的有效支持,保证其实时性,但是数据业务的传输速率较低;WLAN等短距离通信网络提供了较高的数据传输速率,但是对实时业务的支持有待于进一步提高。

(4)跨层设计

在基于分组交换的无线网络中,使用相关层优化必将会提高系统性能。因而,在研究异构网络CAC算法时,应该通过跨层设计来评估呼叫级(呼叫阻塞率、被迫中断概率)和分组级的QoS性能。

目前,异构网络融合系统中CAC算法的研究主要集中在蜂窝/WLAN融合系统中的呼叫接入控制。文献[1]提出了WLAN优先的算法,在WLAN优先算法中,语音和数据业务的不同特点没有被充分考虑。文献[2]提出了蜂窝/WLAN融合系统的两层CAC算法,并进行分析。在无线接入部分的CAC只考虑了蜂窝中呼叫的接纳情况,而没有考虑到WLAN中的呼叫。这些已经提出的算法没有能够综合考虑前面叙述的4个方面,因此适用于异构网络融合系统的CAC算法具有广阔的研究空间。

1.2 垂直切换算法的研究

用户在不同网络之间的移动称为垂直移动,实现无缝垂直移动的最大挑战在于垂直切换。垂直切换就是在移动终端改变接入点时保持用户持续通信的过程。在多网融合的环境中,传统的采取比较信号强度进行切换的决策方法已经不足以进行垂直切换。由于异构网络融合系统的特殊性,垂直切换决策除了需考虑信号强度外,还需考虑以下几个因素:

(1)业务类型

不同的业务有不同的可靠性、时延以及数据率的要求,需要不同的QoS保证。

(2)网络条件

由于垂直切换的发生将影响异构资源之间的平衡,这就要求在设计垂直切换策略时需要利用系统的网络侧信息,如网络可用带宽、网络延时、拥塞状况等,从而有效避免网络拥塞,在不同网络间实现负载平衡。

(3)系统性能

为了保证系统性能,需要考虑信道传播特性、路径损耗、共信道干扰、信噪比(SNR)以及误比特率(BER)等性能参数。

(4)移动终端状态

如移动速率、移动模式、移动方向以及位置信息等。

(5)价格

由于不同的网络使用不同的计费方式与资费标准,因而价格是影响切换决策的一个重要因素。

(6)用户的喜好

不同用户的喜好不一样,因此用户的喜好也是影响切换决策的因素之一。

目前的垂直切换算法研究主要集中于基于策略^[3-4]及基于模糊逻辑理论^[5-6]的决策策略设计上,难以在保证用户需求的同时兼顾网络侧尤其是异构资源的调整。3GPP研究的通用无线资源管理(CRRM)局限性在于:接入网络选择仅考虑网络负载因素;仅针对通用移动通信系统(UMTS)、GSM/EDGE无线接入网络(GERAN)等蜂窝网络,大大降低了对异构资源的管理调控能力。

因此,人们在设计垂直切换算法时应能综合考虑上述多个方面的因素,既兼顾切换时的QoS,同时考虑切换时及切换后异构资源的调整和分配。综合考虑多个决策因素将会增加切换过程的复杂度,使得切换决策过程更加困难。多属性决策以及代价函数^[7]等理论能够同时评估不同的决策因素,可用于设计异构网络间的垂直

切换策略,以达到保证用户的QoS以及异构资源优化分配的双重目标。

1.3 异构资源分配算法的研究

2.5G以及3G公众移动通信网络通常采用干扰受限以及基于保护信道的资源分配方案。然而,异构网络融合系统中的资源分配算法需要有效地控制实时、非实时等多种业务的无线资源接入,需要能有效处理突发业务、分组交换连接中数据分组随机到达以及数目随机变化等情况;异构网络系统中用户需求具有多样性,网络信道质量具有可变性;不同的无线网络分别由各自的运营商经营,这样的经营模式在今后很长的时间内将无法改变,决定了这些网络更有可能采取一种松耦合的融合方式。因此,异构网络融合系统应该采用新颖的分布式动态信道资源分配算法。

动态自适应的信道资源分配算法根据用户的QoS要求和网络状态动态调整带宽分配,在网络状况允许时,给用户呼叫分配更多的信道资源,以提升用户的QoS保证;当网络拥塞时,通过减少对系统中已接纳的呼叫的信道分配来容纳更多的呼叫,从而降低系统的呼叫阻塞率和被迫中断概率,提高系统资源的使用率和用户的QoS。

系统模型的建立对于异构网络环境中信道分配算法的深入分析至关重要。目前在异构网络资源分配的研究中,还没有提出完整的具有一般性的系统模型。大部分文献使用仿真的方法进行分析,或者仅对融合系统中的分立网络分别进行建模。可以利用多维马尔可夫模型、矩阵运算以及排队论等数学方法,对异构网络融合系统建立多维多域的系统模型,获得不同算法下该系统模型的各个状态,进一步推导系统的性能,比较不同算法的优劣。

1.4 网络选择算法的研究

异构网络融合系统中的用户选

择网络通常有3个步骤:

(1) 收集影响最终决定的必要信息,如:用户喜好、业务类型以及网络状态等。

(2) 将上述信息输入到网络选择算法中,网络选择算法应该以使用户在任何时间任何地点都能获得最好的QoS保证为依据。

(3) 根据算法的输出结果来选择网络。

许多研究者已经提出了网络接入选择算法,如随机接入^[8],高带宽优先^[9]等。然而,这些算法只考虑用户侧或者只考虑总体网络容量,仅适用于单用户情形,多用户在异构环境下的接入网选择方面并没有成熟的处理方案。

针对现有算法不适用于多用户存在情况,以及缺乏对异构资源影响的考虑,需要细致分析异构网络环境中网络选择的需求和特点,从多层协调(物理层、链路层、网络层、应用层)的思想出发研究相应的数据信息模型。由于受各异构网络特征的影响,采用传统的单目标决策理论,仅仅优化某一种性能指标很难找到一种完备的方案使得在接入选择时各用户要求的多个目标同时达到最优。可以将该类问题看作是多目标优化的问题,因此可以引入多目标决策理论,考虑如何在有限资源的限制条件下找到一个平衡方案。亦即在作接入选择时在多种方案的有效解之间进行权衡,从而找出最终的满意解。其优点在于:可设计为多用户共同决策的接入网络选择算法,以提高算法对异构网络环境的适应能力,具有可扩展性;可利用实时的网络资源状态作为决策目标,从而有利于异构资源的动态协调。

2 异构网络融合中的通信容量

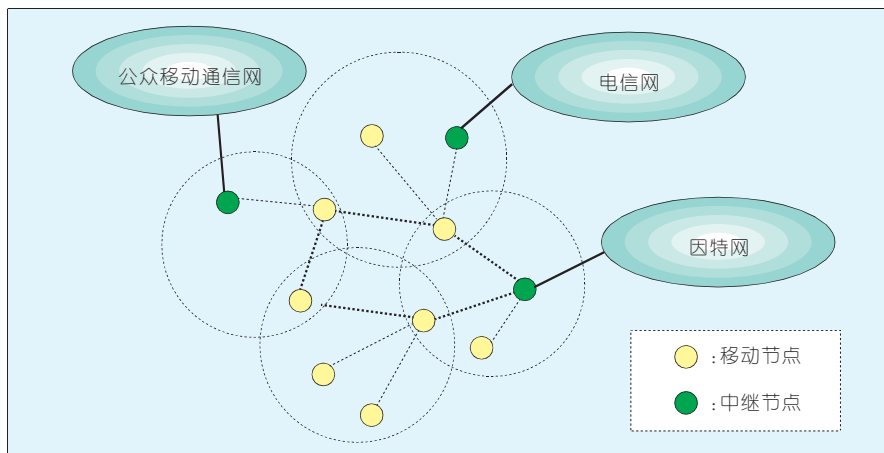
在异构网络融合系统中使用新颖的多跳网络结构可以扩大网络的覆盖范围,增加系统通信容量和吞吐

量,因此成为近年来国内外研究的新热点。关于异构网络融合系统通信容量的研究,目前主要集中在基于蜂窝结构的公众移动通信网络中引入Ad Hoc网络方面。

随着无线通信技术的发展,传统蜂窝网络存在一些问题,比如:当某些地区的业务量突增而出现非平衡业务时,就会发生局部的阻塞,出现掉话、无法呼出的现象;当正在通话过程中的用户进入蜂窝网络覆盖中的“盲区”或当前正处在盲区范围内的用户发出一个新的呼叫请求时,由于不能接收到来自基站的通信信号而导致通信的中断;此外,蜂窝通信中存在通信容量与覆盖范围的折衷问题,即当网络负载增加时,基站的覆盖区域将会减小^[10]。

通过在蜂窝系统中引入Ad Hoc网络可以弥补蜂窝网络的覆盖缺陷问题,并且可以通过降低传输功率和干扰来增加系统容量,解决热点地区的负载均衡问题,实现业务量的分流。其原理示意图如图1所示。在图1中,网络中的移动节点通过多跳和中继节点连接到公众移动通信网、电信网以及因特网中,也可以将某一拥塞区域(即热区蜂窝)的基站的话务量通过自组织网络的多跳功能而分流到邻近比较空闲的基站,从而实现业务量的均衡。

关于蜂窝系统中引入Ad Hoc网络的研究得到了国际上众多研究机构和高校的关注。例如:由美国纽约国立大学布法罗分校设计的蜂窝和Ad Hoc中继集成系统(iCAR)^[11],使用Ad Hoc网络技术解决蜂窝网络中由不平衡的业务量引起的阻塞问题;由美国加州大学戴维斯分校提出的移动辅助数据前馈(MADF)方案^[12],引入了转发代理的概念,通过Ad Hoc网络技术将蜂窝网络中拥挤小区的业务通过转发分流到邻近的非拥挤小区;随机驱动多址接入(ODMA)也是一种基于蜂窝网络的多跳转发技术,用于在时分双工(TDD)蜂窝网中小区的边缘为



▲图1 利用Ad Hoc网络实现业务流量的均衡

移动终端提供较高的数据速率,达到增加高速率数据服务范围的目的^[13]。

在蜂窝与Ad Hoc网络融合的众多方案中,中继节点的选择对于系统的通信容量有很大的影响。目前常用的中继节点选择方法有:

(1) 选择具有最低相关干扰的中继节点,即选择转发后具有至基站最好的链路质量的中继节点,从而减少对相邻蜂窝的干扰。

(2) 选择具有最好的链路增益的中继节点。即选择具有最好的至基站的链路增益的中继节点。

(3) 选择具有最短距离的中继节点,即选择离基站最近的中继节点。

以上3种方法通常用于非热区蜂窝中提高系统容量。

此外中继节点选择方法还有选择热点区域之外的中继节点,这种方法特别适合于缓解热区蜂窝业务量拥塞。

以上这些方法也可结合使用,从而动态地适应网络的变化,极大地增加蜂窝网络热点区域的通信容量。

3 结束语

为了适应不同的通信环境以及满足用户业务的宽带化、个性化、智能化需求,异构网络融合已经成为下一代通信网络发展的必然趋势。其中,具有QoS保证的关键技术与通信容量的研究是异构网络融合中的关

键课题。异构网络资源的复杂性、网络状态的多样性、各网络的差异性等特点给研究带来了一定的挑战。然而,挑战与机遇并存,在不久的将来,异构网络融合技术的研究必将结出丰硕的成果,异构网络融合技术将会成为未来网络的主流技术之一。

4 参考文献

- [1] ZHANG Q, GUO C, GUO Z, et al. Efficient mobility management for vertical handoff between WWAN and WLAN [J]. IEEE Communications Magazine, 2003, 41(11): 102-108.
- [2] NIYATO D, HOSSAIN E. Call admission control for QoS provisioning in 4G wireless networks: Issues and approaches [J]. IEEE Network, 2005, 19(5): 5-11.
- [3] ZHU F, MCNAIR J. Optimizations for vertical handoff decision algorithms [C]// Proceedings of 2004 IEEE Wireless Communications and Networking Conference: Vol 2, Mar 21-25, Atlanta, GA, USA. New York, NY, USA: IEEE, 2004: 867-872.
- [4] JIA Huiling, ZHANG Zhaoyang, LI Shiju. A power threshold based policy for vertical handoff in heterogeneous networks [C]// Proceedings of IEEE Wireless Communications, Networking and Mobile Computing Conference (WVCNMC' 05): Vol2, Sep 23-26, 2005, Wuhan, China. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2005: 1052-1055.
- [5] LIAO Hongwei, TIE Ling, DU Zhao. A vertical handover decision algorithm based on fuzzy control theory [C]// Proceedings of First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences (IMSCCS '06): Vol2, Apr 20-24, 2006: 309-313.
- [6] LIN Chengjian, TSAI I A, LEE Chi Yung. An adaptive fuzzy predictor based handoff algorithm for heterogeneous network [C]// Proceedings of IEEE Annual Meeting of the Fuzzy Information (NAFIPS '04): Vol2, Jun 27-30, Banff, Canada. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2004: 944-947.
- [7] WANG H J, KATZ R H, GIESE J. Policy-enabled handoffs across heterogeneous wireless networks [C]// Proceedings of 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA' 99), Feb 25-26, 1999, New Orleans, LA, USA. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1999: 51-60.
- [8] FODOR G, FUNUSKAR A, LUNDSJO J. On access selection techniques in always best connected networks [C]// Proceedings of 16th International Telecommunication Congress Specialist Seminar on Performance of Wireless Networks (ITCSS' 04), Sep, 2004, Antwerp, Belgium, 2004.
- [9] VANEM E, SVAET S, PAINT F. Effects of multiple access alternatives in heterogeneous wireless networks [C]// Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference: Vol3, Mar 21-25, Atlanta, GA, USA. New York, NY, USA: IEEE, 2004: 1696-1700.
- [10] VEERAVALLI V V, SENDONARIS A. The coverage-capacity tradeoff in cellular CDMA systems [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1999, 48(4): 1443-1450.
- [11] WU Hongyi. iCAR: An integrated Cellular and Ad hoc Relaying System [D]. Buffalo City, NY, USA: University of New York at Buffalo, 2002.
- [12] WU Xiaoxin, CHAN S H, MUKHERJEE B, et al. MADF: Mobile-assisted data forwarding for wireless data networks [J]. Communications and Networks, 2002, 6(3): 100-109.
- [13] ROUSE T, BAND I, MCLAUGHLIN S. Capacity and power investigation of Opportunity Driven Multiple Access (ODMA) networks in TDD-CDMA based systems [C]// Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC' 02): Vol2, Apr 28-May 2, 2002, New York, NY, USA. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2002: 3202-3206.

收稿日期:2008-03-17

作者简介



夏玮玮, 东南大学移动通信国家重点实验室副研究员, 在读博士研究生。主要研究领域为宽带移动通信网络及异构网络融合。先后参加国家“863”计划项目、国家自然科学基金项目、江苏省自然科学基金项目等近10项, 获得2项科研成果奖。已发表论文10余篇。



沈连丰, 东南大学移动通信国家重点实验室教授、博士生导师。近期研究方向为无线接入理论与技术、短距离无线网络及异构网络融合理论与技术等。已出版专著和教材8部、译著5本, 发表论文100余篇。