

基于接入选择和业务转移的异构网络动态负载均衡机制^①

朱思峰^{②*} 沈连丰* 柴争义*

(* 东南大学移动通信国家重点实验室 南京 210096)

(** 周口师范学院数学与统计学院 周口 466001)

摘 要 为了提高异构网络系统的整体性能,提出了一种基于接入选择和业务转移的动态负载均衡机制。给出了接入选择问题的优化模型,通过求解模型得到了最优接入选择方案,根据接入选择方案把接入任务均衡地分配到各个基站小区中。为了削弱热点小区突发性业务对系统负载均衡性的破坏,给出了基于基站负载率阈值的业务转移方案。仿真实验结果表明,提出的动态负载均衡方案在接入阻塞率、切换掉线率、负载均衡性、系统利用率 4 个指标上的表现均优于已有文献报道的方案,具有较好的应用价值。

关键词 异构无线网络,负载均衡,接入选择,业务转移,网络资源管理

0 引 言

异构无线网络是一种由全球移动通信网络(GSM)、无线局域网(WLAN)、Bluetooth 网络、3G 网络、B3G 网络、4G 网络等组成的异构混合网络(heterogeneous mixed network)^[1]。由于各种无线接入网络在业务服务能力、覆盖能力和技术层面都存在差异,任何一种无线接入网络都不能完全满足覆盖、延迟、传输速率、成本等方面的需求。为了向用户提供连续的、无缝的移动服务,联合无线资源管理(joint radio resource management: JRRM)机制应运而生。在融合多种无线接入技术的异构网络环境中,用户业务在时空上分布的不均衡性是影响整个异构网络性能的主要因素。负载均衡控制是联合无线资源管理的一个重要任务,其目的是使用户业务均匀地分布在各个无线接入网络中,以保证整个异构无线网络系统的稳定。负载均衡不仅能提高整个异构无线网络系统的稳定性,还能带来系统吞吐量、阻塞率、掉话率等方面的性能增益。从排队论的观点看,通过负载均衡控制可以克服用户业务在网络中分布的时空不均匀性,从而提高整个异构无线网络系统的总体服务性能。

下一代无线通信网络的发展趋势是多种无线接入技术共存并相互融合。在异构网络环境中,当有新业务接入时,若能选择一个最佳的网络进行接入的话,则可以带来多接入增益。在用户比较密集的地区,通常会形成通信热点。若在具有不同带宽和容量的异构小区间引入流量均衡,则可以减少热点地区的新业务阻塞率和切换业务掉线率,整个异构系统的利用率也会相应增加。接入选择和业务转移都是实现负载均衡的有效途径,鉴于此,本文提出了基于接入选择和业务转移的异构无线网络动态负载均衡方案,并在仿真环境下对所提出的动态负载均衡方案进行了实验及分析。

1 相关研究

近年来,异构网络环境中的负载均衡问题引起了国内外学者的广泛关注。文献[2]在多接入选择时考虑链路自适应机制中媒体接入控制(MAC)层的分组重传对负载均衡的影响,提出了一种针对分组业务的多接入选择方案;文献[3]基于对分组业务在接入后平均消耗的资源量以及网络当前负载情况的评估,提出了一种负载均衡的接入控制方案;文献[4]提出了一种基于径向基函数模糊神经网络的

① 国家自然科学基金(U1204618),河南省重点科技攻关项目(112102210221)和河南省教育厅自然科学研究计划(12A520055)资助项目。
② 男,1975 年生,博士,副教授;研究方向:通信网络资源分配优化,智能优化算法等;联系人,E-mail: zhusifeng@163.com
(收稿日期:2013-05-27)

接入选择方法,该方法以可接入网络接入阻塞率相等为模糊神经网络参数来强化学习目标,对网络负载程度具有很好的动态适应性,实现了智能化的接入判决;文献[5,6]提出了基于博弈论的异构网络接入控制方案;文献[7]提出了一种基于终端移动与业务异构的动态负载均衡机制,该机制重点关注业务潜在用户,通过动态优化的联合业务接入控制使得每个无线接入点的业务量与其通信资源保持匹配关系,实现网络的负载均衡;文献[8]提出了一种改进的动态门限联合负载控制方法,以适应不同负载条件下对负载均衡的要求,达到资源的有效利用,同时,结合终端的可重配置特点及业务要求的多样性,在执行网络发起的垂直切换过程中采用了基于层次分析法的终端选择算法,从而在均衡异构网络负载的同时减少系统开销和对用户的影响;文献[9]考虑了终端电池生存时间和负载均衡两个目标,通过权重法把两个目标转化为一个目标来求解,给出了一种垂直切换方案;文献[10]提出了一种基于信噪比和层次分析法的垂直切换方案;文献[11]对车载异构网络环境中的垂直切换问题进行了研究;文献[12]把手机用户与接入网络之间的关系建模成竞标模型,并给出了一种基于协同博弈的垂直切换方案。

文献[2-7]是通过联合接入控制来实现异构网络环境的负载均衡;文献[8-12]则是通过垂直切换机制来实现负载均衡,不同于上述思路,本研究同时实现了接入控制和业务转移两种策略,提出了一种动态负载均衡方案。

2 异构网络环境的系统模型

假设在区域 Ω 内存在多个无线接入网络,无线接入网络之间的协作模式为超紧耦合 (very tight coupling) 模式,即在区域 Ω 内各个无线接入网络的基站通过同一个控制单元与核心网络 (core network) 相连接。一般地,接入路由器 (access router, AR) 充当该区域的控制单元,它直接与核心网络相连接,如图 1 所示。

在该网络架构下,接入路由器统一协调基站之间的通信数据流量,通过基站之间的联合业务接入控制来实现网络通信资源的优化利用。

在该系统模型中,当多模移动终端 (multimode mobile terminal, MMT) 有新业务或垂直切换业务到达时,MMT 可以在多个基站之间选择一个最适合的

基站建立业务链接。从优化网络整体性能的角度出发,接入路由器作为中心控制模块,按照优化准则将覆盖区域内所有用户的通信业务动态地分配给各个基站,使得每个基站的无线接入业务量与其通信资源相对匹配,实现网络单元内的业务负载均衡。

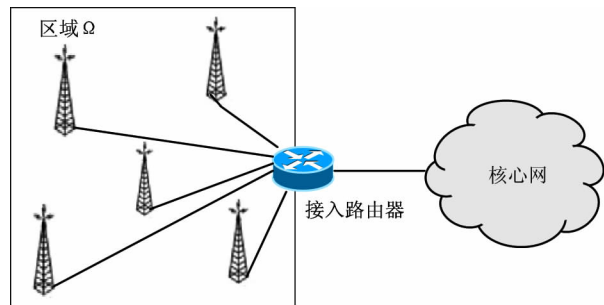


图 1 异构无线网络的系统模型

人们的生活及工作规律可能会导致通信业务在时空分布上的不均匀性,例如,某些公共场所 (商场、飞机场、酒店等) 在某些时间段内通信业务量极大,形成热点小区,造成该区域的基站负载过重,而另外一些区域的基站负载却很轻。另外,各个基站之间还存在容量差异,这些都会导致负载不均衡现象的发生。因此,当发现负载失衡现象后,需要采用业务转移策略。

由此可见,接入选择和业务转移都是负载均衡控制的重要手段,接入选择可看作是预防性的负载均衡控制策略,而业务转移则是补救性的负载均衡控制策略,二者是密切相关的。

与 2G 网络相比,3G 网络的带宽有了很大的提升。语音业务占用的 3G 网络带宽较少,而非实时业务 (如网络视频下载) 占用了大量的网络带宽。无线接入网络负载不均衡现象主要是非实时业务在时空分布的不均匀性导致的。因此,本文把研究重点放在非实时业务的接入选择和业务转移。

3 基于接入选择和业务转移的动态负载均衡机制

假设区域 Ω 内,存在多个无线接入网络,共部署了 m 个基站 (或称为无线接入点) $BSs = \{BS_1, BS_2, \dots, BS_m\}$,基站 BS_i 给非实时业务预留的最大带宽为 B_i 。

本文假定:一个终端在某时刻最多只能有一个非实时业务,终端 MT_j 的非实时业务需要的带宽为 b_j 。假设区域 Ω 内,有 n 个多模终端 $MTs = \{MT_1,$

$MT_2, \dots, MT_n\}$, 当多模终端 MT_j 有业务到达时, 可以在 m 个基站中选择一个最适合的基站 BS_i 建立业务链接。

从优化异构网络系统整体性能的角度出发, 接入路由器按照优化准则将覆盖区域内所有用户的通信业务动态地分配给基站 BS , 使得每个基站 BS 的无线接入业务量与其通信资源相对匹配, 实现区域 Ω 内的业务负载均衡。

3.1 接入选择

由于无线接入网络所采用的接入技术不同, 同样的业务在不同的接入网络中所产生的负载量及表现形式可能不同。因此, 需要有针对性地选择最合适的参数来描述和度量异构无线接入网络的负载率, 以便于比较。本文以通用移动通信系统 (universal mobile telecommunications system, UMTS) 网络与全球微波互联接入 (worldwide interoperability for microwave access, WiMAX) 网络为例, 分别给出它们的负载率度量指标。

考虑到 UMTS 下行接入选择问题与上行接入选择问题的解决方法非常相似, 因此本文仅以下行情况为例来进行问题建模, 在此基础上稍作修改就可以得到相应的上行模型。假设 UMTS 网络基站的下行总功率是恒定的, 而且均匀地分布在整个可用频带上。用 P_i 表示 UMTS 网络基站 i 在区域 Ω 内的下行总功率, 则 UMTS 网络基站 i 在单位带宽上的发射功率为

$$P_i^0 = \frac{P_i}{B_i} \quad (1)$$

若某时刻终端 MT_j 的非实时业务需要的带宽为 b_j , 则根据式(1)可得, 需要的总发射功率为 $b_j \cdot P_i^0$ 。对于 UMTS 这种具有“软容量”特点的无线接入技术来说, 本文采用基于功率的小区负载因子^[8]来度量其负载水平。考虑到非实时业务的非对称性(下行业务量通常多于上行业务量), 而系统下行容量通常小于上行容量, 本文主要考查如下式所示的下行链路负载率:

$$\eta_{DL}^{UMTS} = P_{current} / P_{max} \quad (2)$$

其中, $P_{current}$, P_{max} 分别是基站下行当前需要的总发射功率和最大发射功率。

WiMAX 是一项新兴的宽带无线接入技术, 它采用了代表未来通信技术发展方向 OFDM/OFDMA、MIMO 等先进技术, 能提供面向互联网的高速连接, 数据传输距离最远可达 50km。WiMAX 网络具有 QoS 保障、传输速率高、业务丰富多样等优点。

WiMAX (IEEE802. 16e) 作为一种新兴网络, 可以满足高速率数据传输需求的通信环境。WiMAX (IEEE802. 16e) 和现有 3G 无线网络的互联互通是对现有 3G 无线网络的一种补充, 可以充分利用现有无线网络的核心网, 减少 WiMAX 系统核心网的投资; 还可以充分挖掘现有网络的用户信息, 共用现有网络的计费、鉴权和加密机制, 充分依托现有网络和业务平台的资源开展新业务等。WiMAX (IEEE802. 16e) 和 3G 无线网络都能提供一定移动性条件下的数据服务, 形成一定范围内竞争和互补的局面。WiMAX (IEEE802. 16e) 是一种具有高带宽特点的无线接入技术, 本文采用基于带宽的小区负载因子来度量其负载率水平, 如下式所示:

$$\eta^{WiMAX} = B_{current} / B_{max} \quad (3)$$

其中, $B_{current}$, B_{max} 分别是基站的当前需要的总带宽和最大带宽。

设基站 i 接纳多模终端 j 的业务接入请求情况为 $x_{ij} \in \{0, 1\}$ ($1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$), 在联合接入选择策略的作用下, 如果接入路由器选择将多模终端 j 的业务接入到基站 i 中, 即从基站 i 中分配 b_j 个带宽给多模终端 j 的业务, 则 x_{ij} 取值 1; 否则, x_{ij} 取值 0。由于每个业务在同一时刻最多只能接入到一个基站中, 所以有下式成立:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1, \quad \forall j (1 \leq j \leq n) \quad (4)$$

本文提出的接入选择机制中, 网络性能的优化是以每个基站的负载率为优化对象, 以最小化 BS_i ($i = 0, 1, 2, \dots, m$) 之间负载率差距为目标, 探讨如何在最大程度上实现不同 BS_i 之间的负载均衡。因此, 本文定义接入选择优化模型如下:

$$\min \left(\frac{\max \eta_i}{\min \eta_i} \right), \quad 1 \leq i \leq m \quad (5)$$

$$\text{S. T. } \begin{cases} \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1, \quad \forall j (1 \leq j \leq n) \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot b_j \leq B_i, \quad \forall i (1 \leq i \leq m) \end{cases} \quad (6)$$

其中, 式(5)表示最小化基站小区的负载率差距; 式(6)表示一个非实时业务最多只能接入到一个基站, 并且每个基站不能超载工作。

本文设计的接入选择过程如下:

步骤 1 计时器复位, 开始计时。

步骤 2 当多模终端 MT_j 有新业务到达时, 多模终端 MT_j 把包含业务需求带宽信息的接入请求发送给所在小区的基站 BS_i 。

步骤 3 基站 BS_i 把收到的接入请求等信息发送给接入路由器。

步骤 4 接入路由器通过计算式(4)和式(5), 获得最优接入方案。

步骤 5 根据获得的最优接入方案, 接入路由器以广播方式通知某个基站 BS_i 负责接入该业务。

步骤 6 基站 BS_i 收到广播信息后, 分配相应的带宽接入多模终端 MT_j 的业务。

步骤 7 若计时器时间到, 所有基站都把自己的当前负载、可分配带宽等信息发给接入路由器, 转到步骤 1; 否则, 转到步骤 2。

3.2 业务转移

由于不同接入网络基站的容量可能不同, 不能使用吞吐量指标来衡量基站的负载情况。本文采用的方法是每种基站设置两个负载率阈值: 一个是高负载率阈值, 超过该阈值, 就认为基站处于重载状态; 一个是低负载率阈值, 低于该阈值, 就认为基站处于轻载状态。若基站负载率处于这两个阈值之间, 就认为该基站处于平衡状态。

设基站 i 的当前负载率为 η_i , 其高负载率阈值为 δ_i , 低负载率阈值为 σ_i 。基站 i 的负载状态定义如下:

$$f(\eta_i) = \begin{cases} -1, & 0 \leq \eta_i \leq \sigma_i; \\ 0, & \sigma_i < \eta_i < \delta_i; \\ 1, & \eta_i \geq \delta_i \end{cases} \quad (7)$$

其中, -1 表示轻载; 0 表示均衡; 1 表示重载。

接入选择只能是尽力保证业务负载在异构网络系统的各个基站小区内均衡分布。当有突发事件发生时(某时刻在某区域突然形成通信热点), 可能会导致某基站小区的业务量迅速上升, 使该服务基站处于重载状态, 而相邻的其他基站业务很少, 处于轻载状态。在这种情形下, 就需要执行业务转移策略, 把重载基站小区的一部分非实时业务转移到轻载基站小区, 以保证整个异构网络系统的负载均衡。

对于非实时性业务而言, 通过垂直切换把其从一个小区转移到另一个小区, 较小的时延对其 QoS 的影响可能不太大。但是若不幸地被要求执行多次被动垂直切换, 则其 QoS 将会受到严重影响。因此, 为了保证转移业务的 QoS, 每个执行过被动垂直切换的业务将被作一个转移标记, 当基站小区在选择业务进行转移时, 不选择带有转移标志的非实时业务。

不同接入网络的基站, 其容量差异很大。当从重载基站小区 s 中把一个非实时业务转移到轻载基

站小区 t 后, 该非实时业务消耗的带宽可能导致基站小区 t 从轻载状态变成重载状态, 此时需要再次把该非实时业务从基站小区 t 转移到另一个轻载基站小区 y 。这样就可能导致乒乓切换现象的发生。为了避免发生乒乓切换现象, 本文在业务转移时进行预判断操作, 在保证转入的非实时业务不会导致基站小区从轻载状态变成重载状态的情况下, 才实施业务转移。

本文设计的业务转移步骤如下:

步骤 1 调度周期计时器复位, 开始计时。

步骤 2 接入路由器收集各个基站小区信息, 计算各个基站小区的负载状态。

步骤 3 接入路由器把处于轻载状态的基站按照负载率升序排成一个队列 L_1 ; 把处于重载状态的基站按照负载率降序排成一个队列 L_2 。

步骤 4 若重载基站队列 L_1 空, 转到步骤 10; 否则, 转到步骤 5。

步骤 5 取重载基站队列的队头基站 BS_1^1 , 取轻载基站队列的队头基站 BS_2^1 。

步骤 6 从基站 BS_1^1 中选择一个消耗带宽最多业务 MT_1^1 。

步骤 7 若把业务 MT_1^1 从基站 BS_1^1 转移到基站 BS_2^1 , BS_2^1 仍保持轻载状态, 则执行业务转移操作, 并把 BS_2^1 移到队列 L_2 尾部; 若把业务 MT_1^1 从基站 BS_1^1 转移到基站 BS_2^1 , BS_2^1 将变成平衡状态, 则执行业务转移操作, 并从队列 L_2 中删除 BS_2^1 。

步骤 8 删除队列 L_1 的队头基站 BS_1^1 。

步骤 9 若调度周期计时器时间用完, 则转到步骤 1; 否则转到步骤 3。

步骤 10 结束。

4 实验及分析

假定在 WiMAX 和 UTMS 蜂窝网络重叠覆盖的区域 Ω 内, 存在 3 个 UTMS 基站和 2 个 WiMAX 基站, 100 个多模终端。UTMS 基站和 WiMAX 基站给非实时业务预留的最大带宽分别为 2Mbps 和 20Mbps, 每个非实时业务需要的平均带宽为 128kbps。基站负载率的重载阈值和轻载阈值分别为 0.8 和 0.3。

实验用的计算机系统配置: HP Z800 Workstation, 双核 CPU (Intel Xeon Quad-Core W5580 3.2GHz), 12GB 内存, 450GB 15000rpm 硬盘, Windows 7。为了验证本文所提出的动态负载均衡方案

性能,在 MatLab7 实验环境下,与文献[3]、文献[12]进行了对比实验。实验开始时,多模终端均匀分布在区域 Ω 内。为了模拟实际环境下的终端移动情形,本文采用了随机移动模型^[13]。

评价负载均衡算法性能的主要指标有:新业务接入阻塞率、业务切换掉线率、负载分布均匀性和系统利用率。本文在相同的仿真环境下,对文献[3]方案、文献[12]方案和本文方案分别运行 1000s 至结果收敛。下面对仿真结果进行比较分析。

图 2 描述了三种方案在非实时业务接入阻塞率指标上的表现。从图 2 可以看出:随着非实时业务到达速率的增加,三种方案的业务接入阻塞率都呈现出上升趋势;本文方案的业务接入阻塞率上升得最慢,而文献[3]上升得最快。这说明本文方案在非实时业务接入阻塞率指标上的表现优于文献[3]方案和文献[12]方案。其原因是,本文方案在接入选择时利用优化算法得到了最佳的接入分配方案,负载在异构系统的所有基站中分布较均衡,从而使系统有较好的业务接入能力。

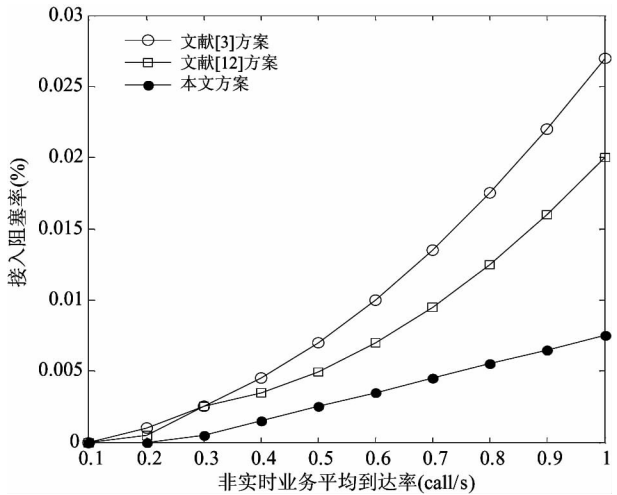


图 2 三种方案在非实时业务接入阻塞率指标上的表现

图 3 描述了三种方案在切换掉线率指标上的表现。从图 3 可以看出:随着非实时业务到达速率的增加,三种方案的切换掉线率都呈现出上升趋势;本文方案的切换掉线率上升得最慢,而文献[3]上升得最快。这说明本文方案在非实时业务切换掉线率指标上的表现优于文献[3]方案和文献[12]方案。其原因是,本文方案在基于业务转移的切换策略中设置了负载率阈值,避免了乒乓切换现象的发生,从而有效地降低了切换掉线率。

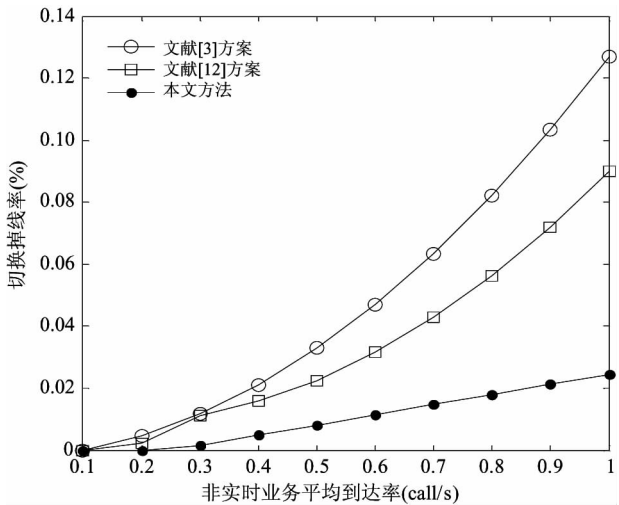


图 3 三种方案在切换掉线率指标上的表现

标准方差与均值的比被称为变异系数 (Coefficient of Variation, CoV)^[9],它是衡量负载均衡的常用指标,其值越小,负载均衡性越好。三种方案在测试场景下的变异系数表现如图 4 所示。从图 4 可以看出:本文方案的负载变异系数最小,即本文方案的负载均衡性最好;文献[12]方案最差;文献[3]方案略优于文献[12]方案。其原因是:本文方案在接入选择策略上,利用优化算法求解获得了最优的接入方案,使得业务在各个基站小区中的分布较为均匀。另外,本文还采用了业务转移策略,有力地均衡了热点区域的突发性业务,从而使负载较为均匀地分布在整个异构系统各个基站小区中。文献[3]方案采用的是基于负载均衡的接入选择策略,故其在负载均衡性指标上能略优于文献[12]方案。

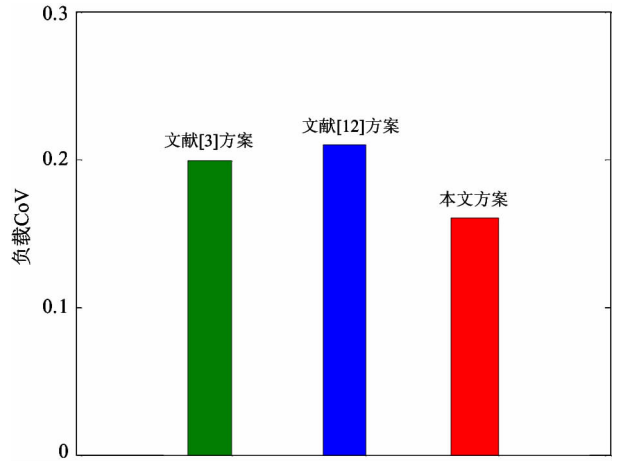


图 4 三种方案在负载分布均匀性指标上的表现

图 5 描述了三种方案在系统利用率指标上的表现。从图 5 可以看出:随着仿真时间的推移,三种方

案的系统利用率都呈现出上升趋势;本文方案的上升速度最快,文献[12]方案次之,文献[3]方案最慢。其原因是:本文方案采用了接入选择和业务转移联合优化策略,使整个异构系统保持了较低的新业务接入阻塞率和业务切换掉线率,从而有效地提高了系统利用率。

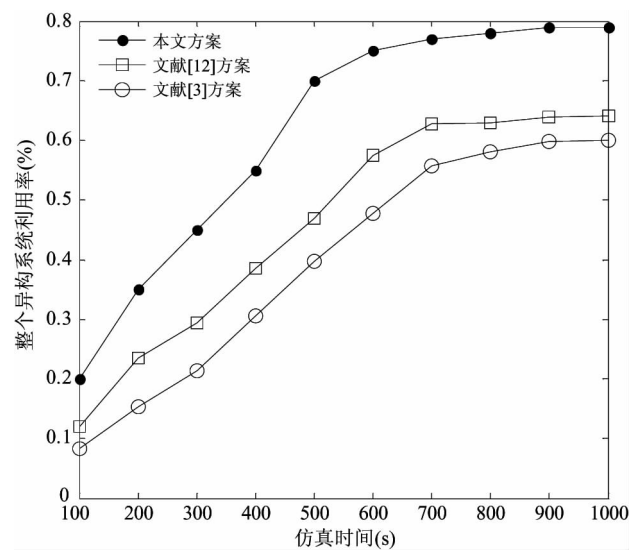


图 5 三种方案在系统利用率指标上的表现

5 结 论

在异构无线网络场景下,不同接入网络在技术优势和业务能力等方面均有很大差异,联合无线资源管理是提高异构无线网络资源利用率的有效机制。负载均衡控制是联合无线资源管理的主要任务之一,它对提高整个异构网络系统性能有着重要的意义。

本文在接入选择过程中,基于优化算法求出最优分配方案,利用该方案为基站小区分配接入任务,从而使负载较均匀地分布在各个基站小区中。为了削弱热点小区的突发性业务对系统负载均衡性造成的不良影响,本文还采用了基于负载率阈值判断的业务转移策略。与文献[3]方案和文献[12]方案相比,本文提出的基于接入选择和业务转移的动态负载均衡方案在业务接入阻塞率、切换掉话率、负载均衡性、系统利用率四个指标上均有较好的表现,具有较好的应用价值。

参考文献

[1] Wu G, Mizuno M, Havinga P. MIRAI architecture for heterogeneous network. *IEEE Communications Magazine*,

2002,40(2):126-134

[2] Ning G Q, Zhu G X, Peng L X, et al. Load balancing based on traffic selection in heterogeneous overlapping cellular networks. In: *Proceedings of the First IEEE and IFIP International Conference in Central Asia on Internet*. Bishket Kyrgyzstan: IEEE Press, 2005. 26-29

[3] 孙卓,郑旭飞,王文博. 负载均衡的多接入选择算法. *电子科技大学学报*, 2010,39(4): 532-536

[4] 石文孝,范绍帅,王楠等. 基于模糊神经网络的异构无线网络接入选择算法. *通信学报*, 2010,31(9): 151-156

[5] 李明欣,陈山枝,谢东亮等. 异构无线网络中基于非合作博弈论的资源分配和接入控制. *软件学报*, 2010, 21(8): 2037-2049

[6] 陈前斌,周伟光,柴蓉等. 基于博弈论的异构融合网络接入选择方法研究. *计算机学报*, 2010,33(9): 1633-1642

[7] 刘琪,袁坚,山秀明等. 3G_WLAN 网络中基于终端移动与业务异构的动态负载均衡机制. *计算机学报*, 2010,33(9): 1569-1579

[8] 冯志勇,张平,张永靖等. 可重配置系统中的联合负载控制及其终端选择算法. *电子与信息学报*, 2009, 31(4): 893-896

[9] Lee S, Sriram K, Kim K, et al. Vertical handoff decision algorithms for providing optimized performance in heterogeneous wireless networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2009, 58(2): 865-881

[10] Liu S M, Meng Q M, Pan S, et al. A simple additive weighting vertical handoff algorithm based on SINR and AHP for heterogeneous wireless networks. *Journal of Electronics and Information Technology*, 2011, 33(1): 235-239

[11] Shafiee K, Attar A, Victor C M. Optimal distributed vertical handoff strategies in vehicular heterogeneous networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2011, 29(3): 534-544

[12] Liu X W, Fang X M, Chen X, et al. A bidding model and cooperative game-based vertical handoff decision algorithm. *Journal of Network and Computer Applications*, 2011, 34(4): 1263-1271

[13] Bettstetter C, Resta G, Santi P. The node distribution of the Random waypoint mobility model for wireless Ad Hoc networks. *IEEE Trans on Mobile Computing*, 2009, 2(3): 257-269

A dynamic load balance for heterogeneous wireless networks based on access selection and calls transfer

Zhu Sifeng^{* **}, Shen Lianfeng^{*}, Chai Zhengyi^{*}

(^{*} National Mobile Communications Research Laboratory, Southeast University, Nanjing 210096)

(^{**} School of Mathematics and Statistics, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466001)

Abstract

To improve the overall performance of heterogeneous network systems, a novel dynamic load balancing mechanism based on access selection and calls transfer was proposed. A optimization model for access selection problems was given, and the optimal scheme for access selection was obtained by means of solving the optimal model. The access calls were assigned to all base stations evenly in accordance with the optimal scheme. In order to weaken the destructiveness of sudden calls from a hot area to the system load balance, a calls transfer strategy based on the threshold of the base station load rate was given. The experimental result showed that the proposed scheme performed better than that reported in literature in the four indicators of access blocking rate, calls dropping rate, load balance and system utilization rate, with the advantage of good application value.

Key words: heterogeneous wireless network, loads balance, access selection, calls transfer, network resource management