

# 集中式 WLAN 网络无线资源管理研究

陈 侃<sup>1</sup>, 李 华<sup>1</sup>, 潘春建<sup>2</sup>, 谭红艳<sup>2</sup>

(1. 河南信阳职业技术学院, 信阳 464000; 2. 中国科学院声学所高性能网络实验室, 北京 100080)

**摘 要:** 基于对集中式 WLAN 无线资源管理框架的分析, 提出了相关的负载均衡控制算法和准入控制算法。通过和相关算法仿真对比可以看出: 所提算法能够使 WLAN 系统更有效地均衡各个无线接入点的业务流量, 最大限度地满足接入服务。

**关键词:** 集中式 WLAN 网络; 无线资源管理; 负载均衡

## Research on Radio Resource Management of Centralized WLAN Network

CHEN Kan<sup>1</sup>, LI Hua<sup>1</sup>, PAN Chunjian<sup>2</sup>, TAN Hongyan<sup>2</sup>

(1. Xinyang Vocational and Technical College, Xinyang 464000;

2. High Performance Network Lab, Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

**【Abstract】** Based on the analysis on the radio resource management of centralized WLAN network, this paper puts forward the load balance controlling algorithm and the access control algorithm. According to correlated simulation comparison, the algorithms can balance the traffic among the access points more effectively and meet the maximum access service.

**【Key words】** Centralized WLAN network; Radio resource management; Load-balance

WLAN 作为一种实现宽带无线 IP 接入的典型方式, 由于其接入速率高、架构使用灵便、可支持移动计算、系统费用低廉及可扩展性较好等优点, 因此在“热点”地区布设应用日益广泛, 成为近年来全球信息通信领域的一个亮点。

早期的 WLAN 结构是一种自治式体系结构<sup>[1]</sup>。在这种体系结构中, 所有的 802.11 功能<sup>[2]</sup>, 即 802.11 物理层和媒体接入控制(MAC)功能, 都实现在接入点(AP)中。在这种 WLAN 结构中, 必须对接入点进行单个管理, 而且不易实施负载均衡控制, 也不可能根据话音之类的实时应用需求执行快速切换等, 上述因素决定了这种网络不适宜于大规模的部署。

集中式 WLAN 网络结构是最近的研究热点, 被认为是 VoWLAN 的最佳解决方案。在这种结构中, 存在一个集中式的设备——接入控制器(AC)或者 WLAN Switch。它利用一个或多个集中式设备来对接入点进行管理、控制和配置, 将 802.11 的功能实现在接入点和集中式设备之间, 使其具有很好的管理性和扩展性, 是 WLAN 网络的发展趋势。当前, 国内对于这种 WLAN 网络架构的研究刚刚兴起, 并没有具体的成熟设备和公开的实施方案; 国外几家大的 WLAN 设备厂商, 也只是在进行相关的研究和实验推广。

### 1 集中式 WLAN 网络无线资源管理框架

集中式 WLAN 结构是基于 MAC 拆分方案, 即在集中式设备中实现了 802.11 管理协议、帧转换、桥接功能和管理帧、数据帧的处理等功能。同时, 借助于集中式设备和无线接入点设备之间的实时信息交互, 实现灵活、有效的无线资源管理。

集中式 WLAN 网络无线资源管理框架如图 1 所示, 主要包括站点规划、故障检测和网络优化 3 个部分, 其中网络优化是其无线资源管理的核心<sup>[3]</sup>, 主要涉及负载均衡控制和准

入控制 2 个方面。

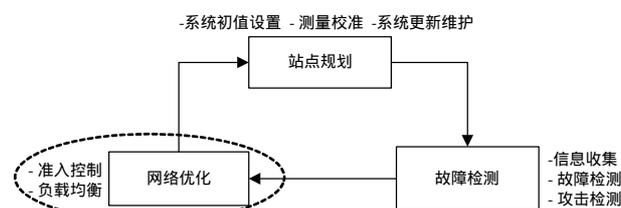


图 1 集中式 WLAN 网络无线资源管理框架

负载均衡和准入控制是紧密结合在一起的<sup>[4]</sup>。一方面, 准入控制是为了在用户接入时就对其进行一定程度的引导, 从而使整个系统负载处于均衡; 另一方面, 负载控制则是为了在整个系统保持稳定和容纳更多的用户。

### 2 负载均衡控制研究

由于宽带无线业务具有实时性和动态性的特点, 因此其整个系统的业务流量呈波动变化, 这就不可避免地存在“热点地区”的问题。如何均衡各个无线接入点的业务流量, 最大限度地满足接入服务, 提高整个系统的容量, 是 WLAN 网络系统无线资源管理面临的重要问题。

本文所提出的负载均衡算法是利用集中式 WLAN 网络结构, 根据集中式控制器收集到的接入点信息和站点信息进行的。一方面, 它根据站点探测请求消息, 获知站点在网络中的位置; 另一方面, 它根据接入点的当前业务量, 获知其当前状态。基于这 2 类信息, 可以对关联到过载接入点上的、

**基金项目:** 中科院知识创新项目(KGCX2\_SW-102)

**作者简介:** 陈 侃(1970 -), 男, 硕士, 主研方向: 计算机网络和无线通信; 李 华, 副教授; 潘春建, 博士; 谭红艳, 副研究员

**收稿日期:** 2007-01-05 E-mail: goodlucy2006@gmail.com

位于重叠区的站点实施迁移。

### 2.1 重叠区

在 WLAN 网络的布设过程中,为了清除覆盖区域的“盲点”,会使系统的接入点覆盖范围发生重叠,即产生所谓的重叠区,如图 2 所示,图中的阴影部分即为重叠区。

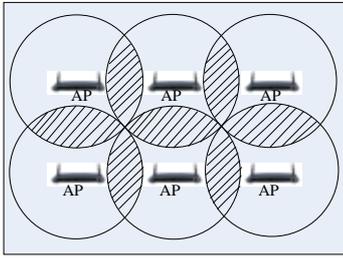


图 2 WLAN 网络重叠区

从图 2 中可以看出,处于重叠区的站点能够接收到多个接入点的信号,而处于非重叠区的站点只能接收指定接入点的信号。

### 2.2 接入点状态分类

根据接入点关联的站点业务量,将接入点的状态划分为 3 类:轻载状态,均衡状态和过载状态,并根据接入点的不同状态设定站点的容量迁移规则。

(1)轻载状态:根据接入点的布设场景设置不同的轻载门限。处于轻载状态的接入点,允许新用户站点的关联,也允许处于过载状态的接入点进行业务量的迁移。

(2)均衡状态:指当前接入点内的站点业务量达到一种平衡。它是一个范围,这一范围由轻载门限和过载门限来确定。处于均衡状态的接入点,允许新用户站点的关联,但不接受从过载站点迁移过来的业务量。

(3)过载状态:指接入点内的站点业务量在过载门限和其最大容量门限之间的一种状态。当集中式设备检测到有接入点处于过载状态时,就会触发相应的负载均衡控制。处于过载状态的接入点不允许新用户站点的关联。

### 2.3 负载均衡控制算法

#### 条件

假设在 WLAN 网络中有  $n$  个 AP,其中第  $i$  个 AP 的有效容量为  $C_i$ ;第  $i$  个 AP 的轻载门限为  $\alpha_i C_i$ ;第  $i$  个 AP 的过载门限为  $\beta_i C_i$  ( $0 < \alpha_i \leq \beta_i \leq 1$ )。

#### 算法

(1)确定各个接入点不同状态所对应的容量范围,即对第  $i$  个 AP,其轻载状态对应的容量为  $0 \sim \alpha_i C_i$ ;状态对应的容量为  $\alpha_i C_i \sim \beta_i C_i$ ;过载状态对应的容量为  $\beta_i C_i \sim C_i$ ;

(2)集中式设备定期执行以下操作:根据各个接入点的业务量,获知各个接入点所处的状态;

(3)对于处于过载状态的接入点执行以下操作:

1)对于处于重叠区并连接在该接入点的站点,按其优先级排序;

2)对于具有相同优先级的站点按照其接入时间的长短排序;

3)根据容量迁移的规则,即只能将过载接入点的业务量迁移至轻载状态的接入点准则,按照站点优先级从低到高的顺序进行迁移。首先要对待迁移站点进行关联解除,然后使其启动重新关联操作,由集中式设备来控制使其连接到期望的接入点上;

4)当接入点状态发生改变时,停止迁移操作。

算法结束。

### 2.4 算法分析

本文所提出的负载均衡控制算法是基于优先级进行的,

对优先级的划分是基于站点进行的,它可以是站点的 MAC 地址,或是站点的认证信息。对于处于相同优先级的站点,根据其连接到接入点的时间进行排序。连接时间越长,其优先级也越高。这样处理基于的思路是站点的连接时间越长,表明站点和接入点的接收信号指示值较高,业务通信量也较大,迁移该站点造成的代价也越高。

## 3 准入控制研究

准入控制是 WLAN 网络无线资源管理的重要方面,它是根据一定的接入准则来判断一个新的接入请求是否能够被系统所接受。准入控制的目标就是在保证新用户和已有用户业务质量的基础上,在最大限度加大系统容量的同时,使系统的业务分布更趋于合理化,资源分配更趋于科学化。

准入控制是基于不同的负载均衡控制策略进行的,下面介绍基于本文负载均衡控制策略所提出的准入控制算法。

### 3.1 准入控制算法

#### 条件

假设在 WLAN 网络中有  $n$  个 AP,其中第  $i$  个 AP 的有效容量为  $C_i$ ;第  $i$  个 AP 的轻载门限为  $\alpha_i C_i$ ;第  $i$  个 AP 的过载门限为  $\beta_i C_i$  ( $0 < \alpha_i \leq \beta_i \leq 1$ )。

#### 算法

(1)确定各个接入点不同状态所对应的容量范围,即对第  $i$  个 AP,其轻载状态对应的容量为  $0 \sim \alpha_i C_i$ ;均衡状态对应的容量为  $\alpha_i C_i \sim \beta_i C_i$ ;过载状态对应的容量为  $\beta_i C_i \sim C_i$ ;

(2)当一新站点执行关联操作时,首先扫描其范围内所有 AP 的信道;

(3)AP 对新站点进行探测请求响应,并将其接收信号强度通过 GRE 隧道递送给集中式设备;

(4)集中式设备根据各个 AP 对站点信息的反馈确定站点的位置;

(5)站点根据其接收信号强度值按照从大到小的顺序进行关联请求尝试;

(6)对站点的关联请求由集中式设备进行决策。当其连接的 AP 处于轻载或者均衡状态时,允许其连接,准入控制完成;当其连接的 AP 处于过载状态时,执行步骤(7);

(7)如果该站点位于非重叠区,则启动负载均衡控制算法;否则,继续;

(8)根据请求接入点的邻居接入点进行判断,如果邻居接入点能够允许关联,则接入点拒绝站点的关联请求,使其关联到邻居接入点上,否则,启动负载均衡控制算法,转步骤(1)。

### 3.2 算法分析

对于 WLAN 网络中站点的准入控制,本文所提出的算法策略是基于接入点当前状态的。关于接入点的 3 种状态划分是根据门限设置进行的,在 3 种状态之间,根据业务量的变化可以发生状态迁移。由于各个接入点的设置可能不同,因此其 3 种状态的门限也会有所不同。处于轻载状态的接入点由于其当前承载的业务量较小,因此它可以为过载的接入点分担一部分业务量,均衡网络负载。

## 4 仿真实验与结果分析

为了验证算法的有效性,本文利用 Matlab 仿真工具对所提算法和 802.11 标准中所涉及到的负载均衡控制算法以及准入控制算法进行了仿真,并对结果进行了分析比较。

为了仿真实验的简单性,设定系统中有 5 个 AP,各个 AP 的最大容量为 10Mbps,每个 STA 请求的容量为 1Mbps,系统 STA 的数目在 30~60 之间,这样可以产生 AP 在轻载、均衡和过载的 3 种状态。其仿真流程如图 3 所示。

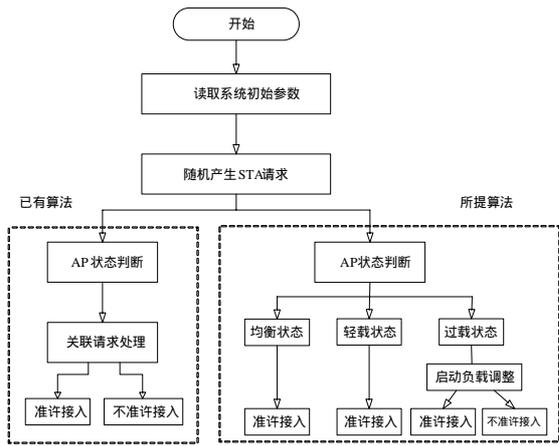


图3 仿真流程

#### 4.1 负载均衡仿真结果分析

图4是通用负载控制算法(802.11标准)和本文所提负载均衡控制算法的仿真对比图示。在仿真对比实验中,设定了整个系统的STA站点数目为50,这个数字的确是基于系统的最大容量,在系统没有过载的情况下进行的。

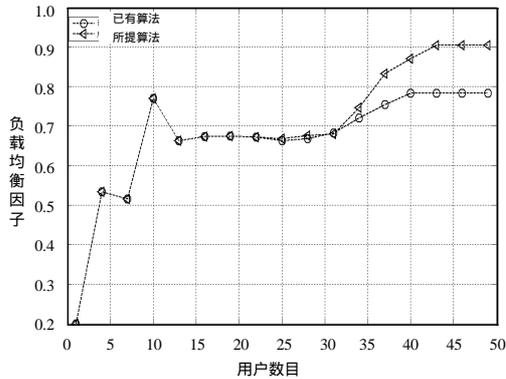


图4 负载均衡仿真对比

系统的负载均衡因子 $\omega$ 定义如下:

$$\omega = (\sum B_i)^2 / (n * \sum B_i^2)$$

其中, $B_i$ 表示第*i*个AP的容量, $n$ 表示系统的AP数目。 $\omega \approx 1$ 表示各个AP的负载趋于均衡, $\omega \approx 1/n$ 表示各个AP的负载趋于不均衡下限。

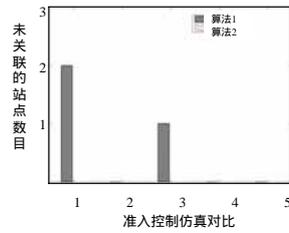
在仿真试验中,假定STA的业务服务速率请求都是1Mbps,这是为了仿真的简单性。在实际系统中,用户根据不同的业务需求,请求速率会动态变化,但是可将请求速率和1Mbps进行站点数目的映射转化,因此,请求速率的设定是和服务的站点数目相关,对均衡控制算法本身没有影响。

由图4中可以看出,在系统只有一个STA请求时,2种算法的均衡因子都是0.2,这说明系统在只有一个STA接入时,由于其它AP上的负载为0,整个系统的负载均衡处于不均衡下限。随着各个AP关联STA站点数目的增加,2种算法的均衡因子不断增大。在本文提出的算法中,起始阶段各个AP都处于轻载或均衡状态,对于站点的关联请求是允许的,因此在负载均衡因子的曲线上,其与通用负载控制算法是重合的。由于各个站点的请求是动态随机过程,在某一时间段内,关联某一AP的站点数目较多,因此该AP的负载急剧增大,但由于该AP仍然处于轻载或均衡状态,没有启动均衡控制算法,因此均衡因子曲线会出现一定程度的突变。

随着热点地区的出现和关联站点的增加,各个AP关联的站点数目呈现分布式变化趋势,从图中可以看出,2种算法的均衡因子的值都在逐渐增加,但本文所提负载均衡控制算法均衡因子的值增长更快,更接近于1。随着各个AP关联站点数目的饱和,2种算法的均衡因子曲线趋于一种定值,不再变化。通过图4的对比分析可以看出:本文所提出的负载均衡控制算法使各个AP的负载较通用均衡控制算法更均衡。

#### 4.2 准入控制仿真结果分析

图5和图6是本文所提负载均衡算法和通用均衡控制算法在站点准入控制方面的仿真对比图示。



(a)

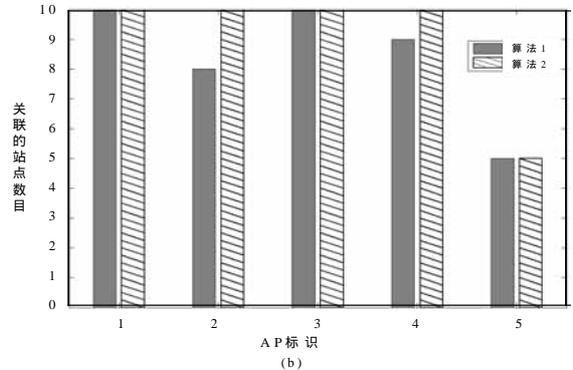
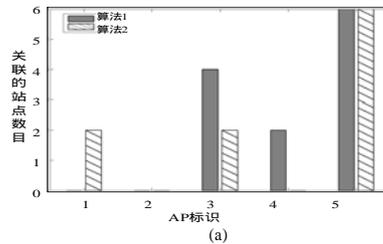
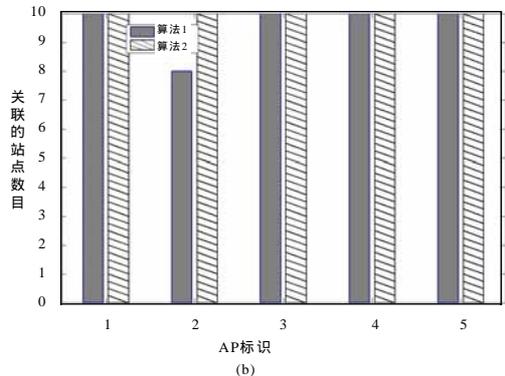


图5 准入控制仿真对比



(a)



(b)

图6 准入控制仿真对比

图5是设定系统STA站点数目为45时,各个接入点的准入控制结果。灰色的柱状图表示通用均衡控制算法对应的准入控制(简称准入控制算法1)结果,反斜线填充的柱状图表示本文所提的均衡控制算法对应的准入控制(简称准入控制算法2)结果。