

无线局域网中快速切换的负载平衡^①

袁美雄 谢 东 (湖南人文科技学院 计算机科学与技术系 湖南 娄底 417000)

摘 要: 在无线局域网的快速切换过程中,当存在多个可选的目标接入点(access point,AP)时,为了均衡负载,提出一种结合 AP 剩余带宽、信号强度以及 AP 当前负载比的目标 AP 选择方法。在所有可能的邻接 AP 中,若 AP 的剩余带宽小于移动终端所需带宽,则对这些 AP 不予考虑,否则,利用其邻接 AP 的负载比和终端接收到的 AP 的信号强度,计算函数,选择函数值最大的 AP 进行连接。仿真结果表明,该方法在整体性能上优于其它方法,没有出现某个 AP 负载超载。

关键词: 无线局域网 AP 快速切换 负载平衡

Load Balancing in Fast Handoff in WLAN

YUAN Mei-Xiong, XIE Dong

(Hunan Institute of Humanities, Science and Technology, Loudi 417000, China)

Abstract: In fast handoff process of WLAN, this paper presents a method to choose goals for keeping the load balancing. The method combines the AP size of spare bandwidth, the signal intensity and the current load ratio of the AP. To all possible adjacency APs, if the AP free bandwidth is less than the bandwidth needed by the mobile terminal, the APs should not be considered. Otherwise, the function is calculated and the AP is chosen with the maximal function value to connect by using the load ratio of adjacency AP and RSSI of the terminal. Simulation results show that the method is better than other methods in the overall performance. They don't present that a certain AP is overloaded.

Keywords: WLAN; AP; fast handoff; load balancing

1 引言

一个无线局域网 WLAN 通常由多个 AP(access point)组合而成,处于 AP 重叠区域的用户可以与任一能够提供足够信号强度的 AP 进行连接。快速切换是基于用户到达多个 AP 覆盖的边缘重叠区域时,对所有的邻接 AP 提前进行 AP 与用户之间的相互身份认证。认证成功后,那么在发起切换请求前,STA 应选择一个合适的 AP,通常终端在移动过程中会选择信号强度最大的 AP 进行连接,但是这种选择切换目标 AP 的方案存在一个缺点:单纯根据信号强度选择目标 AP 的结果决定于 STA 与各 AP 间的距离及 AP 的发射功

率,它不能反映各 AP 的负荷情况,这种选择目标 AP 的方法会造成严重的负载不均,即很多终端都与特定的几个 AP 相连接,而与其它 AP 连接的终端数却很少,这种方法^[1]会造成某些 AP 的负载过高和通信阻塞以及系统资源的浪费和性能的下降,文献[2]提出将信号强度与各 AP 的负荷结合起来进行选择,这样一来可以兼顾各 AP 的负载平衡,但是没考虑 AP 的带宽是否满足终端,有可能会造成终端接入了 AP 但是 AP 的带宽又不满足终端,造成服务质量恶化,文献[3]给出了负载均衡的方法,将 AP 主控方法和切换式负载均衡方法相结合是当前的研究热点,文献[4]通过给每个 AP

① 基金项目:湖南人文科技学院科研基金;教育厅科研项目(08B040)

收稿时间:2009-04-21

指定一个代理,各个代理通过因特骨干网广播各自的状态,超载状态的 AP 将自己服务范围内的终端切换到轻载 AP,但是终端在切换到轻载 AP 时具有盲目性,有可能导致上层业务中断,文献[5]提出了一种基于负载平衡的 AP 切换机制,当某无线接入点(AP)的负载超过阈值时,由该 AP 强制触发切换,系统吞吐率提高,接入延迟大大减少,文献[6]提出了新的 802.11WLAN 的接入点选择策略,将连接站点的数量以及整体的通信资源利用率考虑进来,通过信号强度、信息元素等参数计算基准值来选择新的接入点,较好地实现接入点之间的负载平衡,并尽可能地提供大带宽。

所以,为了克服上面提到的各种困难,本文提出了一个改进的负载均衡算法,不仅要结合信号强度和 AP 的负载,还应该要考虑 AP 的空闲带宽的大小,把移动终端所需带宽小于 AP 的剩余带宽作为选择目标 AP 的一个必要条件,从而实现负载平衡和通信资源的充分使用,又不会使某个 AP 出现超载,仿真结果表明该算法很好的缓解 AP 的负载平衡,没有出现某个 AP 负载超载,并尽可能提供大带宽,服务质量大大提高。

2 基于剩余带宽、信号强度、负载比的目标 AP 选择方案

2.1 相关方案研究

在文献[2]中 AP 的负载定义为结点每秒发送的数据,即结点发送数据时所占用的 AP 带宽,其单位可以为 bits/s 或 packets/s;而在 AP 上的网络流量不但包括上行数据,下行数据和协议开销也会占用 AP 带宽资源,因此,AP 当前负载应以当前的流量来计算如下:

$$\text{Load}_{\text{cur}} = \text{AP 吞吐率} + \text{AP 发送的数据量} + \text{协议开销} \quad (1)$$

图 1 是 IEEE 802.11 无线局域网中比较典型的情况,图中 3 个 AP(AP1, AP2, AP3)的覆盖范围都有重叠的区域,3 个 AP 使用的频道均不相同。

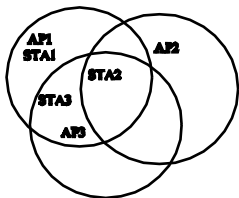


图 1 多个 STA 连接 AP

假设 STA1、STA2、STA3 都与 AP1 相连接,AP2、

AP3 没有与之连接的用户。很明显,AP1 的负载最大,而 AP2 和 AP3 的频带处于空闲状态。只要一个或多个用户从 AP1 切换到其它 AP 上,利用空闲频道分流,减少 AP1 小区中的竞争,就能提高整个系统的吞吐量和频带利用率。如 STA3,它处于 AP1 和 AP3 的重叠区域,如把 STA3 从 AP1 切换到 AP3,就能减少 AP1 上的负载。同样地,STA2 处于三个 AP 的重叠区域中,如果把 STA2 切换到 AP2 或 AP3 上,也能减少 AP1 的负担。设 AP 的容量为 Load_max,某一结点 APi 的负载比 ρ_i 即:

$$\rho_i = \frac{\text{Load}_{\text{cur}i}}{\text{Load}_{\text{max}i}} \quad (2)$$

ρ_i 的取值在 [0, 1] 之间, ρ_i 的值越小, APi 负载越小, ρ_i 的值越大, APi 负载越大。

假设当前 STA 到达的区域有接入点 AP1、AP2 和 AP3, AP1、AP2 和 AP3 的频道带宽也就是容量分别为 10 Mbps、12 Mbps 和 5 Mbps,当前 AP1、AP2 和 AP3 承载的流量分别为 4 Mbps、3 Mbps 和 4 Mbps,此时 ρ_i 值分别为 0.4、0.25 和 0.8,用下图 2 表示:



图 2 AP 带宽和其负载大小

从图 2 我们可以明显看出来, AP2 的负载最小,它的空闲区最大, AP3 的负载最大,它的空闲区最小,从 ρ_i 值我们也能够准确判断出来,那么很明显,为了平衡负载,应该选择 AP2 进行接入。

上述过程当中,没有两个相同的 ρ_i 值,选择一个 ρ_i 值最小的 AP 进行接入,那么,如果存在两个相同的 ρ_i 值时,结合终端接收到的 AP 的信号强度 RSSIi 来进行选择,根据公式(3):

$$Wi(\text{RSSI}_i, \rho_i) = \text{RSSI}_i \times (1 - \rho_i) \quad (3)$$

计算选择函数值最大的 AP 接入,其中 ρ_i 为公式(2)所定义的。

例如图 3: AP1、AP2 和 AP3 的 ρ_i 值都为 0.5, STA 接入到来自各 AP 的信号强度分别为 AP1 最大、AP2 次之, AP3 最小,那么很明显,按照文献[2]的方法, AP1 是最佳的选择。

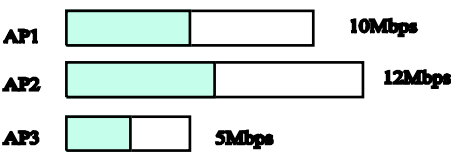


图 3 相同负荷 ρ 的 AP 带宽和其负载大小

但是上述方法也有一个问题，如果 STA 接入到来自各 AP 的信号强度分别为 AP3 最大、AP2 次之、AP1 最小，按照上述方法，STA 应该选择接入 AP3，但是如果继续增加结点负载量，AP3 中的负载就可能超过其所能承受的最大量 5Mbps，从而使 AP3 的吞吐率下降，影响整个系统的性能。

2.2 本文的目标 AP 选择方案

引入公式(4)来表示 AP_i 的空闲带宽 F_{bi} :

$$F_{bi} = Load_maxi - Load_curi \tag{4}$$

STA 在选择 AP 时，采用的原则是：在所有可能的邻接 AP 中，若 AP 的剩余带宽小于移动终端所需带宽，则对这些 AP 不予考虑，否则，则利用其邻接 AP 的负载比 ρ 和终端接收到的 AP 的信号强度 RSSI，计算函数 W，选择函数 W 值最大的 AP 进行连接，这样就可以尽量保证各 AP 的负荷基本平衡。

从图 3 我们可以得到 AP1 的空闲带宽为 5Mbps，AP2 的空闲带宽为 6Mbps，AP3 的空闲带宽为 2.5Mbps，AP2 的空闲带宽最大。若 STA 所需的带宽为 3Mbps，即使 AP3 的信号最强，但是它的剩余带宽为小于 STA 所需带宽，则不考虑，AP1 和 AP2 的剩余带宽满足 STA 所需，则则根据函数式(3)计算，选择函数值最大的 AP 发起切换。

为了验证本文提出的为了均衡负载，在快速切换过程中的合适目标 AP 选择的方案的可行性及改善程度，本节设置了如图 4 的典型场景：在一座大楼里，若干 AP 等间隔地排列在一条直线上，各 AP 上的背景负荷按随机均匀分布，一用户穿越所有 AP，当用户到达多个 AP 的重叠区域时，对所有的邻接 AP 进行提前相互身份认证，当存在多个可选的 AP 时，对目标 AP 进行选择。

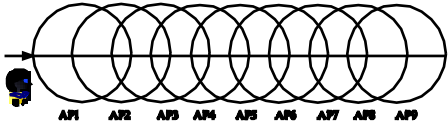


图 4 用户穿越所有 AP

2.3 算法描述

基于上述思想，算法描述如下：

算法 1 用户进入 AP 覆盖范围算法

```
.....
for (int j=0;j<AP数量 AP_COUNT;j++)
{
    if (用户没有接入 AP)
    {
        选择第一个 AP 作为目标 AP;
        计算认证时间;
        计算切换时间;
    }
}
```

当用户进入 AP 覆盖范围，如果没有接入 AP，则选择当前 AP 接入，计算接入前的认证时间和切换时间。

算法 2 用户离开原接入 AP 覆盖范围算法

```
.....
for (int j=0;j<AP数量 AP_COUNT;j++)
{
    if (用户进入第 j 个 AP 覆盖范围)
    {
        计算第 j 个 AP 的信号强度 Val_signal;
        计算第 j 个 AP 的负载比 Val_charge;
        计算第 j 个 AP 的剩余容量 Val_x;
        If (Val_x >= 用户所需带宽)
        {
            If (用户没有进入某个 AP 覆盖范围)
            {
                选择第一个 AP 作为目标 AP 建立连接;
                变量 Val_whole = Val_signal * (1 - Val_charge);
            }
            else
            {
                计算 Val_whole = Val_signal * (1 - Val_charge) 并保存;
                选取 Val_whole 值最大的 AP 作为目标 AP 建立连接;
            }
        }
    }
}
.....
```

用户离开原 AP 覆盖范围进入新的 AP 覆盖范围，计算机新 AP 的信号强度，负载比及剩余带宽，首先判断 AP 的剩余容量是否满足用房所需带宽，如果是则结合信号强度和负载比，根据函数式(3)计算，选择一个函数值最大的 AP 进行切换。

算法 3 用户穿越整个 AP 算法

设初始用户位置变量 $man_pos=0$;

```
For(t=0;t< 410; t++)
{
    man_pos=t*用户移动速度;
    for(i=0;i< AP 数量 AP_count;i++)
        {If (用户离开接入 AP 覆盖范围)
            { .....
              调用算法 2;
            }
        }
    Else
        {If (用户进入当前 AP 覆盖区)
            { 提前认证;
              调用算法 1;
            }
        }
    }
}
在算法 3 中调用了算法 1 和算法 2。
```

3 仿真实验研究

基于上述思想,本节利用 VC++6.0 工具和图 4 的典型场景进行实验,其中算法 3 调用算法 1 和算法 2。实验配置参数如表 1 所示。

表 1 实验参数

AP 数量	9 个	AP 覆盖范围半径	50m
AP 间距	40m	用户移动速度	1m/s
用户所需带宽	1.5	AP 最大容量	10

文献[2]中提出的负载分配方案是结合信号强度和 AP 的负载来选择目标 AP,本文的选择方案是:在所有可能的邻接 AP 中,若 AP 的剩余带宽小于移动终端所需带宽,则对这些 AP 不予考虑,否则,则利用其邻接 AP 的负载比 ρ 和终端接收到的 AP 的信号强度 RSSI,计算函数 W ,选择函数 W 值最大的 AP 进行连接,这样就可以尽量保证各 AP 的负荷基本平衡,从而大大提高了切换的效率,从而避免了频繁切换。为了比较负载平衡的的改善程度,在同等测试条件下对两种方案进行了 12 次实验比较,各 AP 的初始负荷随机产生,部分结果图如下:

ID	初始负载	余容量	别人方案负载	本文方案负载	别人方案接入	本文方案接入
0	1.40	6.00	0.55	1.55	1	1
1	1.70	3.00	0.85	1.85	1	1
2	1.40	6.00	0.55	1.55	1	1
3	1.60	4.00	0.75	1.75	1	1
4	1.70	3.00	0.70	1.70	0	0
5	1.00	10.00	0.15	1.15	1	1
6	1.50	5.00	0.65	1.65	1	1
7	1.00	10.00	0.15	1.15	1	1
8	1.20	8.00	0.35	1.35	1	1

图 5 对比实验一

ID	初始负载	余容量	别人方案负载	本文方案负载	别人方案接入	本文方案接入
0	0.90	1.00	1.05	0.90	1	1
1	0.20	8.00	0.35	0.35	1	1
2	0.70	3.00	0.85	0.85	1	1
3	0.70	3.00	0.85	0.85	1	1
4	0.90	1.00	0.90	0.90	0	0
5	0.20	8.00	0.35	0.35	1	1
6	0.90	1.00	0.90	0.90	0	0
7	0.10	9.00	0.25	0.25	1	1
8	0.40	6.00	0.55	0.55	1	1

图 6 对比实验二

为了便于比较,本文把每次实验结果当中两种方案产生的 AP 的最大负载进行了统计,统计结果如图 7:

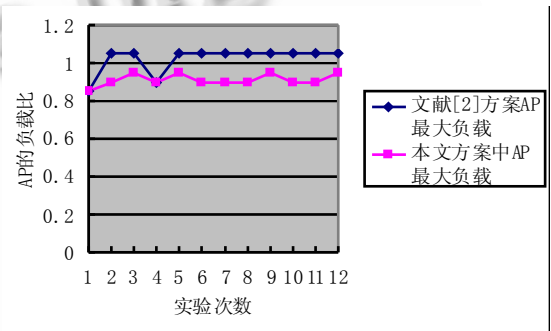


图 7 实验结果对比图

图 5 至图 6 记录了每一次实验两种方案在相同的负荷下,先后按照文献[2]提出的负载均衡方案和本文提出的负载均衡方案各穿越一次,记录了各自的负荷变化情况,从图 7 我们可以明显的看出来,在第一次实验和第四次实验两种方案中 AP 的最大负载相同,其余的十次实验中,文献[2]提出的负载均衡方案中 AP 的最大负载均大于本文提出的负载均衡方案中的最大负载,并且均超过了 1,使得这些 AP 负载超载,这表示 AP 已超负荷不能提供用户所需的带宽,用户一旦接入了这些 AP,会导致服务质量恶化,影响整个系统的性能,而本文提出的负载均衡方案很好的考虑了剩余带宽是否满足用户所需带宽,在整个实验中,没有出现某个 AP 的负载超载,所以说,本文提出的负载均衡技术在性能上优于文献[2]提出的方法。

4 结语

在无线局域网中的快速切换过程中,当存在多个可选的 AP 时,为了均衡负载,本文提出了一个方案:

(下转第 5 页)

(上接第 85 页)

当用户到达某个新 AP 覆盖范围,首先判断该 AP 剩余带宽是否满足用户所需带宽,如果满足,再根据该 AP 信号强度以及 AP 的负载比,按照公式(3)进行计算,选择该值最大的 AP 进行连接,实验结果表明,该方案没有出现某个 AP 的负载超载,从而大大提高了切换的效率,从而避免了频繁切换,在整体性能上优于其它方法。接下来会在多媒体等领域进一步探索接入点的负载均衡的切换机制。

参考文献

1 Ejerano BY, HAN S, L IL. Fairness and load balancing in wire less LANs using association control. Proc. of ACM Mobicom. New York: ACM Press, 2004.

- 2 杨仁忠,侯紫峰.无线局域网中的接入点 AP 负载分配研究.计算机工程, 2006, 32(1):7-9.
- 3 王彬.无线局域网中的负载均衡技术.中兴通讯技术, 2006,12(3):46-50.
- 4 Velayos H, Aleo V, Karlsson G Load balancing in overlapping wireless LAN cells. IEEE International Conference on Communications. Paris, France, 2004. 3833-3836.
- 5 彭蔓蔓,宁晨,李仁发.WLAN 中一种基于负载平衡的 AP 切换机制.湖南大学学报(自然科学版), 2007,34(3):83-86.
- 6 陈峥豪,陈永生.802.11 无线局域网中的智能 AP 切换策略.计算机应用, 2008,28(6):120-122.