



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02808590.6

[43] 公开日 2004年6月9日

[11] 公开号 CN 1504017A

[22] 申请日 2002.5.2 [21] 申请号 02808590.6

[30] 优先权

[32] 2001.5.4 [33] US [31] 09/849,687

[86] 国际申请 PCT/US2002/013878 2002.5.2

[87] 国际公布 WO02/091572 英 2002.11.14

[85] 进入国家阶段日期 2003.10.22

[71] 申请人 辐射网络公司

地址 英国埃塞克斯

[72] 发明人 马努切赫·S·拉菲 卢俊
付登维 沙阿·图沙尔[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

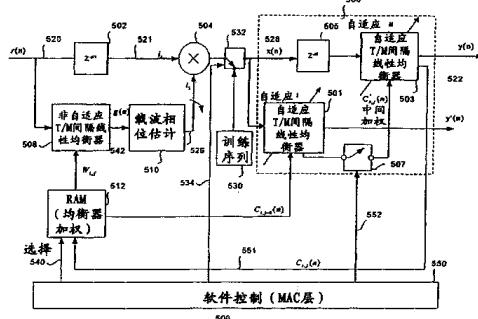
代理人 朱海波

权利要求书 8 页 说明书 20 页 附图 6 页

[54] 发明名称 用于短脉冲调制解调器和链路跳跃
无线网络的自适应均衡器系统

[57] 摘要

一种用于在无线链路跳跃无线系统中的自适应均衡装置(500)的方法包括在多个无线链路之间跳跃，以接收在多个无线链路上的无线信号的可变长脉冲，以及从在该无线链路上的所接收脉冲对每个无线链路均衡一个缓慢信道的幅度和相位变化。另外，该方法包括存储与每个无线链路相关的所估计的抽头系数，并且使用该无线链路的当前脉冲的抽头加权来可靠地预先补偿在该无线链路上的下一个所接收脉冲的信道幅度和相位失真。



1. 一种用于从多个来源接收和解码脉冲无线信号的方法，该方法包括：

5 接收在一个无线系统中的多个无线链路上的无线信号；

使用一个非自适应均衡器、第一自适应均衡器 I、第二自适应均衡器 II 从在多个无线链路上的所接收脉冲为每个无线链路补偿幅度和延迟失真，该均衡器是 K/M 部分间隔的， K 和 M 是整数，并且 $K < M$ ；

10 使用该非自适应均衡器预先均衡一个无线链路的所接收脉冲，其中该非自适应均衡器的抽头系数从作用于该无线链路的以前所接收的脉冲的自适应均衡器 II 而获得；

为所接收脉冲的载波估计和除去相位偏移；

使用作用于本无线链路的当前脉冲上的第一自适应均衡器 I 估计该自适应均衡器 II 的初始抽头系数组值；

15 使用具有所估计的抽头系数组值的该自适应均衡器 II 自适应地均衡当前脉冲的延迟版本；

在该操作无线链路的当前脉冲结束时，把该自适应均衡器 II 的所估计抽头系数组值存储到一个存储单元中；以及

20 从该存储单元把一个自适应均衡器 II 的所存储的抽头系数组提取到该非自适应均衡器，以预先补偿在每个无线链路上的下一个所接收脉冲的任何剩余幅度和延迟失真。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括：

使用各个无线链路的以前脉冲的所存储抽头系数，为每个无线链路预先补偿在一个非自适应 K/M 部分间隔的均衡器中的一个所接收脉冲的幅度和延迟失真。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括：

补偿无线信号的所接收脉冲的载波相位偏移；

使用在一个所接收脉冲中的可用导频和数据符号估计每个链路的载波相位。

4.根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括：

5 从一个自适应 K/M 部分间隔的均衡器 I 为第二自适应部分间隔的均衡器 II 提供初始抽头系数值。

5.根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括：

10 在第二自适应均衡器 II 中，使用第一自适应均衡器 I 的初始抽头系
数作为初始系数加权，以均衡在多个无线链路的一个无线链路上的一
个被延迟和载波相位补偿的所接收脉冲。

6.根据权利要求 5 所述的方法，其中进一步包括：

15 使用在第二自适应均衡器 II 的各个无线链路的当前脉冲结束时所
获得的均衡器抽头系数值作为用于在该无线链路上的非自适应均衡器
中的下一个数据脉冲的初始抽头系数值。

7.根据权利要求 5 所述的方法，其中进一步包括：

20 使用在该第二自适应均衡器 II 的各个无线链路的当前脉冲结束时
所获得的均衡器抽头系数值作为用于在该无线链路上的第一自适应均
衡器 I 中的下一个数据脉冲的初始抽头系数值。

8 .根据权利要求 1 所述的方法，其中接收无线信号的脉冲包括：

25 接收在稳定状态操作中的数据脉冲以及在加入操作中在用于每个
加入的新相邻节点的无线系统中与相邻节点相关的无线链路上的多个
邀请数据包之一。

9 .根据权利要求 8 所述的方法，其中进一步包括：

接收与每个无线链路的每 S 个可编程帧的一个数据脉冲复用的可

编程均衡器训练序列（ETS），其中每个邀请数据包包括在各个邀请数据包中的一个已知时序位置处的已知训练符号。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中接收该可编程 ETS 包括：
5 周期性地把一个最大长度的位移寄存器（MLSR）代码序列与位于具有已知调制格式的每 S 帧的开始处的良好相关属性复用。

11. 根据权利要求 8 所述的方法，其中进一步包括：
10 在接收 S 帧之后，在多个无线链路之间对每个链路接收与所发送的帧结构复用的一个 ETS 脉冲；以及
使用一个所接收的数据脉冲训练第一自适应均衡器 I 和第二自适应均衡器 II 的抽头系数。

15 12. 根据权利要求 8 所述的方法，其中进一步包括：
补偿无线链路的幅度和延迟失真；以及
使用一个已知的训练序列解调所接收的脉冲。

20 13. 根据权利要求 12 所述的方法，其中解调包括：
在加入操作过程中，从已知训练序列估计信道相位和幅度变化；
在稳定状态操作中，从 ETS 序列估计信道相位和幅度变化；
在稳定状态操作中，使用数据脉冲在一个判定指导模式中调节抽头系数；以及
根据一个所选择的调制方案 M-QAM 检测所处理的符号。

25 14. 根据权利要求 9 所述的方法，其中进一步包括：
在每第 S 个帧开始时使用每个所接收的 ETS 脉冲的多个已知代码序列调节抽头系数，以使得该均衡器跟随着信道特性的改变，并且使得在各个链路的 LMS（最小均方）算法中的延迟误差最小化。

15. 根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括：

对于具有加入该无线系统的新加入节点的无线链路接收一个邀请脉冲；

提取使用在第一自适应均衡器 I 中的邀请数据包获得的所存储均衡器加权，并且获得抽头系数的估计值作为用于第二自适应 K/M 间隔的均衡器 II 的稳定状态操作的初始抽头系数值；以及

为了在该载波相位恢复单元之前预先处理数据脉冲，把使用该邀请脉冲获得的所存储均衡器加权提取到一个非自适应 K/M 部分间隔的均衡器。

10

16. 根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括：

使用加入该无线系统的一个新加入节点建立用于一个无线链路的链路参数；以及

存储该链路参数作为用于稳定状态操作的初始存储的信道信息。

15

17. 根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括：

通过根据在该数据脉冲中的导频和数据符号形成载波相位的一个估计值而为一个数据脉冲补偿载波相位；

20

在 L 个符号之后把第一自适应均衡器 I 的抽头系数值装载到第二自适应均衡器 II 中，作为第二自适应均衡器 II 的初始抽头系数值；

在一个判定指导模式操作中使用当前数据脉冲的 (K+L) 个符号延迟的版本为第二自适应均衡器 II 更新和调节抽头系数值；

在该脉冲中的第 L 个符号之后固定第一自适应均衡器的抽头系数值，并且把它们提供到第二自适应均衡器 II；

25

一旦接收一个新的数据脉冲，重新开始第二自适应均衡器的抽头系数值的调节；

在当前脉冲的所有符号被处理之后，把第二自适应均衡器 II 的抽头系数值存储到一个存储块；以及

在该非自适应均衡器中使用所存储的均衡器加权，用于预先处理用

于在第一自适应均衡器 I 和第二自适应均衡器 II 之前的载波相位恢复的数据脉冲。

18 .根据权利要求 1 所述的方法，其中估计载波相位偏移包括：
5 使用一个粗略补偿幅度和相位失真的无线信号脉冲，估计无线信号的脉冲的载波相位。

19 .根据权利要求 1 所述的方法，其中估计和消除载波相位偏移包括：

10 除去由于信道损失所造成的对载波相位的影响，以促进第一自适应均衡器 I 的抽头系数收敛到一个可接受的均方误差值。

20 .根据权利要求 19 所述的方法，其中进一步包括：
根据一个或多个所测量的信道质量参数改变在第一自适应均衡器 I
15 和第二自适应均衡器 II 中的最小均方处理的增益参数。

21 .根据权利要求 20 所述的方法，其中一个或多个所测量的信道质量参数包括所接收的信号强度（RSSI）和信噪比（SNR）。

20 22 .根据权利要求 1 所述的方法，其中估计和消除载波相位偏移包括：

在第二自适应均衡器 II 接收来自一个载波相位恢复单元的一个延迟信号，该延迟信号代表无线信号的脉冲，从该无线信号消除由于信道损失所造成的对载波相位的影响；以及

25 在第二自适应均衡器 II 使用该延迟信号，以使得第二自适应均衡器 II 的抽头系数收敛到一个可接受的均方差值。

23.一种用于在一个链路跳跃脉冲模式无线接收器中接收无线信号的方法，该方法包括：

- 在第一无线链路接收第一无线信号的第一脉冲；
使用第一脉冲确定用于与该第一无线链路相关的第一自适应均衡器 I 的均衡器加权；以及
随后，使用在第一脉冲获得的均衡器加权作为初始抽头系数值接收
5 在第一无线链路上的第一无线信号的下一个脉冲。

24.根据权利要求 23 所述的方法，其中进一步包括：
在要被用于一个固定的均衡器的当前脉冲结束时存储第二自适应均衡器 II 的均衡器加权，以预先补偿所接收信号的幅度和相位变化。
10

25 .根据权利要求 24 所述的方法，其中进一步包括：
接收在第二无线链路上的第二无线信号的第一脉冲；以及
使用在第二无线信号的第一脉冲中获得的均衡器加权作为第二无线信号的第一脉冲的初始抽头系数值，确定用于第二无线链路的均衡器
15 加权。
15

26 .根据权利要求 25 所述的方法，其中接收第二无线信号的第一脉冲包括：
确定用于第二无线链路的信道信息，并且存储用于第二无线链路的
20 均衡器加权，用于以后使用；以及
使用所存储的信息作为用于第二无线信号的第二脉冲的第一均衡器的初始均衡器加权。

27 .根据权利要求 23 所述的方法，其中确定该均衡器加权包括：
把来自用于第一无线信号的第二自适应均衡器 II 的复数系数下载
25 到一个固定的均衡器。
25

28 .根据权利要求 27 所述的方法，其中进一步包括：
在连接到第二自适应均衡器 II 的存储器电路中存储用于在当前无

线链路上的固定均衡器和自适应均衡器Ⅰ的下一个均衡器加权。

29.一种用于多链路跳跃脉冲自适应调制解调器中的自适应部分间隔的均衡器方法，该方法包括：

5 接收一个幅度和相位失真的复数信号作为一系列脉冲，每个脉冲包括一个或多个导频符号和数据符号；

使用一个固定部分间隔的均衡器预先补偿所接收的复数信号的幅度和相位变化；

10 使用载波相位的粗略估计形成载波相位的估计，以使用该脉冲的导频和数据符号来估计用于一个脉冲的载波相位；

在L个符号之后使用第一自适应均衡器Ⅰ估计第二自适应均衡器的初始抽头值；以及

在第二自适应均衡器Ⅱ中均衡第一自适应均衡器的输入接收信号的延迟版本。

15

30.一种用于在稳定状态工作中的链路跳跃脉冲自适应调制解调器中的自适应均衡器系统，该系统包括：

随机存取数字存储器，其具有为多个无线链路预先定义的多个存储位置并且为各个无线链路存储该抽头系数组值；

20 固定均衡器，用于通过该固定均衡器预先补偿当前链路的当前数据脉冲的幅度和相位变化，用于该固定均衡器的与当前链路的以前脉冲相关的抽头系数组值被从该存储器装载，该固定均衡器产生一个预先补偿的幅度和相位信号；

载波相位恢复单元，用于对多个通信链路提取失真的载波相位，该载波相位单元包括：

第一级，其使用包含在当前数据脉冲中的多个已知导频符号，通过导频辅助技术获得该失真载波相位的粗略估计；

固定相位偏移消除级，其耦合到第一级；

复数共轭矢量产生级，其耦合到该固定相位偏移消除级；

去旋转装置，用于通过由矢量产生级所产生的一个矢量信号对均衡的信号去旋转，从该均衡信号消除所估计的粗略载波相位，以产生一个粗略相位补偿信号；

5 数据辅助相位估计器级，用于使用一种数据辅助判定指导技术从该粗略相位补偿信号除去调制信号；

平均装置，用于平均来自数据辅助相位估计器级的 M 个符号，以减小噪声变化；

10 第一自适应均衡器 I 单元，用于产生用于第二自适应均衡器 II 的初始抽头系数值，该第二自适应均衡器 II 产生一个均衡的信号并且在当前脉冲结束时把第二自适应均衡器 II 的抽头系数值存储在该存储器中，以被用作为用于各个无线链路的下一个脉冲的固定均衡器的抽头系数值。

15 31. 一种用于包括多个通信链路的无线系统的加入操作中的链路跳跃自适应脉冲调制解调器的自适应均衡器系统，该自适应均衡器系统包括：

20 训练序列，其使用在邀请数据包和自适应部分间隔均衡器中的 P 个已知正交调幅 (QAM) 符号，以产生用于要被在脉冲模式中用作为均衡器系统的初始抽头系数值的用于每个无线链路的自适应均衡器 I 和 II 的抽头系数。

用于短脉冲调制解调器和链路跳跃无线网络
的自适应均衡器系统

5

技术领域

本发明涉及以 M. Rafie 等人的名义在 2001 年 1 月 17 日递交的美国专利申请 09/764,202，名称为“用于自适应调制解调器和链路跳跃无线网络的载波恢复系统”。

10

背景技术

本发明涉及一种在缓慢时间变化信道上在自适应短脉冲调制解调器和多链路跳跃网无线网络中工作的固定带宽无线接入应用（FBWA）中所采用的自适应均衡器子系统。自适应调制解调器能够快速地从一个链路通过这种信道跳跃到另一个链路。也就是说，该信道对于任何给定的链路，从一个短脉冲（burst）到另一个短脉冲是准静态的。

15

在此所述的实施例可以与在以 J. Berger 和 I. Aaronson 的名义在 1998 年 11 月 5 日递交的名称为“宽带无线网拓扑网络”的美国专利申请 09/187,665 从所述类型的无线网拓扑网络相结合，与以 M. Rafie 等人的名义递交的名称为“用于自适应调制解调器和链路跳跃无线网络的载波恢复系统”的美国专利申请 09/764,202 中所述的载波相位恢复系统相结合，并且与包括在设计上类似于以 J. Berger 等人的名义递交的名称为“用于无线数据分租的空间交换路由器”的美国专利申请 09/433,542 中所述的设计的交换多束天线的网络节点相结合，以及与以 Y. Kagan 等人的名义在 2000 年 10 月 30 日递交的名称为“用于接纳一个节点到一个无线网络的加入处理方法”的美国专利申请 09/699,582 中所述的方法和装置相结合而使用。这些为美国专利申请的全部内容通过引用的方式被包含于此。从此所给出的描述中用于该实施例的其他应用将变得更加清楚。

数字数据的短脉冲发送被用于几种应用中，例如卫星时分多址、数字蜂窝无线、宽带移动系统和宽带无线接入系统。这些设计上的折中和所获得的结构在每个这些应用中是不同的。

通常，接收器必须按照一种方式来过滤所接收的短脉冲波形，这导致最佳可能的位误码率性能。在大多数情况下，这意味着使得信号功率与噪声、干扰和失真功率的比值最大化。在现代的系统中，这意味着使用匹配滤波器或一个自适应均衡器。
5

在大多数这些应用中，一个已知的符号的前同步（preamble）被插入在数据包的每个的脉冲的开始、中间或结尾处，用于训练的目的。这种方法在涉及短脉冲发送的应用中是不适当的。已知数据序列的插入大大地减小了用于短脉冲的发送效率。结果，基于前同步的算法不可以用于这种系统中。
10

理想的是，希望使得用于初次捕获和后续的调节的训练序列最小化。这种特性对于在使用例如 IS-136、OSM、EDGE 和固定宽带无线接入系统这样的时分多址（TDMA）的许多现有的无线通信应用中的短脉冲格式特别重要。短脉冲格式被用于以减小端到端传输延迟，以及限制无线信道在一个短脉冲上的时间变化。但是，训练开销对于这种短脉冲格式来说可能是非常重要的。这种开销在许多系统中多达 30%。这些系统的开销可以通过采用在本发明中所公开的自适应均衡装置来补偿。
15
20 如果需要更大范围和更高的延迟扩展的容余，自适应均衡可以用于这些系统而不改变物理链路格式。

由宽带网际协议（IP）应用程序所推动的通过固定带宽不断增加的吞吐量的需求已经促使系统设计员向着更高存储效率的调制方案而努力。由于它们相对良好的性能，大正交调幅调制（QAM）构像（constellation）已经被用于许多这种应用程序中。与使用大 QAM 构像相关的一个关键问题是无线链路的幅度和延迟失真，由于效率的原因，特别是脉冲调制解调系统中必须通常不使用前同步。
25

存在有几种方法用于自适应均衡。用于自适应的低复杂度算法，例如最小均方（LMS）差算法，在自适应均衡器中是相当普遍的。例如最

小平方 (LS)、递归最小二乘法 (RLS)、快速卡尔曼 (Kalman) 和平方根最小二乘法这样的快速方法需要大计算量的矩阵求逆并且(在一些情况中)需要稳定性。自适应均衡器也可以进一步被分类为线性遍历和递归结构。

5 在遍历 (transversal) (抽头延迟线)均衡器中，所接收符号的当前和过去值 $r(t-nT)$ 被均衡器抽头系数 (抽头增益) $c(n)$ 线性加权，并且求和以产生均衡信号，

$$y(n) = \sum_k c(k)r(t_0 + nT - kT).$$

10 仅仅当在均衡之前的峰值失真小于 100 % 时，一个零强制 (zero-forcing, ZF) 均衡器使得最坏情况下的 ISI (符号间干扰) 的峰值失真最小化。但是，在一个 LMS 均衡器中，均衡器抽头系数 (tap coefficients) 被选择使得的均方差最小化 - 所有 ISI (符号间干扰) 项的平方加上在均衡器器的输出端的噪声功率。

15 在非线性接收器结构的级别下，考虑与误差概率相关的各种最优化标准。这在使用维特比算法 (VA) 和这种接收器的自适应版本的最大似然顺序估计器 (MLSE) 的发展中达到顶点。MLSE 的计算复杂度与 m^{L-1} (其随着在离散信道脉冲响应 (L) 中的符号字母大小 (m) 和项数成指数增长) 成比例。非线性和次最佳接收器结构的另一个分支是判定反馈均衡器 (DFE)。一个判定反馈均衡器进行无记忆判定并且取消所有拖尾的符号间干扰 (ISI) 项。但是，由于 DFE 不能够延迟的判定，因此它受到减小的有效信噪比 (SNR) 和误差传播的影响。

20 快速收敛对于在轮询多点网络的接收器中自适应均衡器来说是重要的，其中在该网络中的每个节点必须通过不同的无线链路自适应接收来自多个发送器的短脉冲数据。正交化的 LMS 算法被用于加速均衡器收敛。特别地，一种自正交化技术，例如 RLS 和自适应点阵 (AL)，被用于快速跟踪自适应均衡器。卡尔曼 (XIS) 和快速卡尔曼算法通过正交调节普通线性遍历均衡器的系数而获得它们的快速收敛。另一方面，自适应点阵算法使用点阵滤波器结构来使得一组所接收信号分量正

变化。在一些应用中，由于计算复杂度和稳定性问题避免使用快速收敛的均衡器。

如果均衡器必须解决的损失足够小，使得调制解调器可以在均衡之前成功地跟踪时序和载波相位，然后均衡器可以更快地进行训练。对于
5 更加严重失真的信道，可能需要一种在时序和载波恢复之前训练该均衡器的方法。

在例如 M-QAM 这样的高级调制方案中载波相位误差 $\phi_e = \phi - \hat{\phi}$ 的影响是除了来自同相和正交分量的串扰之外把所需信号分量的功率减小一个因子 $\cos^2(\phi - \hat{\phi})$ 。由于同相和正交分量的平均功率电平相同，因此小的相位误差在自适应均衡器的性能中造成较大的下降，特别是在较高的
10 调制电平（即， $M \geq 16$ ）中。在以 M. Rafie 等人的名义在 2001 年 1 月 17 日递交的名称为“用于自适应调制解调器和链路跳跃无线网络的载波恢复系统”的美国专利申请 09/8764,202 中描述的一个精确载波相位恢复单元被用于一个非自适应前置均衡器之后并且在两个自适应均衡器之前，以减小载波相位偏移对自适应均衡器的性能和收敛的不良影响。
15

在连续的调制解调器应用中，在接收器通过一个捕获阶段时用户一般希望等待一段时间，其中跟踪处理适应该均衡器的抽头系数。通常，在连续调制解调器中的操作收敛处理仅仅允许自适应均衡器保持跟踪
20 信道脉冲响应以及连续地基于所接收信号的不希望的噪声（干扰加上噪声）。换句话说，捕获处理不同于跟踪处理。

相反，在短脉冲调制解调器中，一个给定传输的用户数据内容可能仅仅是 1 毫秒的一部分。长的捕获时间对该系统造成不可接受的开销，并且大大地减小容量。因此，短脉冲调制解调器需要一个特殊的捕获处理，其将快速地估计适当的接收器增益、载波频率和相位、采样时序频率和相位、以及用于接收器的均衡器的抽头系数。并且，该捕获处理必须可靠地识别在该短脉冲中的哪一个数位是第一用户数据位，使得协议栈的较高层可以适当的格式化数据。
25

初始抽头系数值可以使用在该系统的加入模式（捕获）中使用一种

训练序列来估计。一个 QPSK 信令序列可以用于加入模式中，以补偿每个无线链路的幅度和延迟失真。该抽头系数值然后可以被用作为用于将在最后描述的固定前置均衡器和迭代自适应均衡器的初始抽头加权。

在无线通信中的常规均衡需要训练序列的经常传送。这代表系统开销并且有效减小信息速率。另一方面，盲均衡计数不需要训练序列。一种最流行的盲算法是常量模数算法（CMA）类。使用 CMA 类算法具有几个缺点。一个缺点是存在局部最小值。盲算法（blind algorithm）的另一个缺点是缓慢收敛以及不能够实现短脉冲的均衡。

在此，需要一种用于短脉冲模式系统中的自适应均衡器技术的方法和装置。另外，需要一种在使用用于无线通信的短传送脉冲的链路跳跃系统中的自适应均衡技术的方法和装置。

发明内容

本实施例仅仅通过介绍的方式提供一种用于在多链路跳跃无线系统中接收无线信号的方法。该方法包括在多个无线链路之间跳跃，以接收短脉冲和补偿用于每个无线链路的幅度和延迟失真。另外，该方法包括存储一个自适应均衡器的估计的抽头系数，并且使用这些抽头系数值作为用于在该无线链路上的下一个所接收短脉冲的初始抽头加权值。

该实施例进一步提供一种用于接收无线信号的方法，其包括在第一无线链路上接收第一短脉冲，并且使用该第一短脉冲确定关于第一无线链路的信道信息（即，估计该均衡器的抽头系数）。该方法进一步包括接收下一个短脉冲，例如使用来自第一短脉冲的所估计抽头系数作为用于第一无线链路的第二短脉冲的均衡器的初始抽头值接收第一无线链路的第二脉冲。

该实施例进一步提供一种用于多链路跳跃短脉冲自适应调制解调器的自适应均衡方法。该方法包括接收调制的幅度以及延迟失真信号作为一系列短脉冲。该系统包括一个固定的部分间隔的均衡器（fixed fractionally-spaced equalizer），其被配置为使用由每个无线链路的一个自适应均衡器所产生的数据的先前短脉冲的均衡器加权而均衡数据的

当前脉冲。另外，该方法包括从以前均衡的短脉冲估计和除去载波相位偏移。

该实施例进一步包括由两个自适应部分间隔均衡器所构成的一个迭代自适应均衡器单元，其均衡当前短脉冲，以产生一个均衡的输出信号，并且把下一个短脉冲均衡器加权提供到一个固定均衡器，用于均衡数据的下一个短脉冲。
5

该实施例进一步提供一种在稳定状态操作中用于一个多链路跳跃和短脉冲自适应调制解调器中的自适应均衡系统。在一个实施例中，该自适应均衡系统包括一个存储器单元和用于均衡所存储的抽头系数属于一个以前的短脉冲的当前链路的当前数据短脉冲的一个固定均衡器。
10

该自适应均衡器单元包括在所接收的数据脉冲中使用固定均衡器预先补偿每个无线链路的幅度和相位失真的第一级、耦合到该第一级的载波相位偏移消除级、以及耦合到载波相位偏移消除级的迭代自适应均衡器级。该迭代自适应均衡器包括两个部分间隔自适应均衡器。该第一自适应均衡器需要对第二自适应均衡器提供初始抽头估计。该自适应均衡器系统进一步包括用于存储作用于当前无线链路的当前短脉冲上的自适应均衡器的末级的抽头系数值的存储器单元。另外，所存储的抽头系数被下载到本发明的第一级的固定均衡器，以预先补偿本无线链路的输入的下一个短脉冲的幅度和延迟变化。
15

上文已经仅仅通过介绍的方式讨论该优选实施例。在该部分中的任何内容不应当被作为对随后的权利要求的限制，该权利要求定义本发明的范围。
20

附图说明

图 1 为具有网络拓扑的一种链路跳跃无线网络的方框图；
25

图 2 为耦合到一个载波相位恢复单元的现有的自适应均衡器的一般方框图；

图 3 示出在图 1 中的无线网络中所发送的数据短脉冲；

图 4 示出所发送的邀请数据包的所发送的数据短脉冲以及在图 1 的

无线网络中的加入处理中所用的训练序列；

图 5 为在短脉冲模式操作中在图 1 的无线网络的一个节点所用的自适应均衡器系统的方框图；

图 6 示出使用均方差 (MSE) 算法的线性自适应均衡器；以及

图 7 示出在图 1 的无线网络中的所发送均衡器训练序列 (ETS) 的帧结构。

具体实施方式

一种用于在多链路跳跃无线系统中的自适应均衡器装置的方法包括在多个无线链路之间跳跃，以接收短脉冲和从该无线链路上的一个所接收短脉冲均衡用于每个无线链路的幅度和延迟失真。该自适应均衡器方法和装置使用包括一个固定均衡器和两个自适应均衡器的多级均衡技术来补偿独立基于每个短脉冲的可用多链路的每个链路的幅度和相位损失。由于该自适应均衡器性能大大地取决于特定链路的信道行为，因此提供一种装置来粗略地预先补偿不希望出现的信道特性，并且在任何自适应均衡处理方案之前独立地消除每个链路的所接收短脉冲的载波相位偏移。对于多个多跳跃链路的每个无线信道，对应于当前短脉冲的自适应均衡器的抽头系数值被存储，并且将用于一个固定的均衡器中，以预先均衡下一个接收的脉冲。对于在一个给定链路中的每个短脉冲，使用一个多级载波相位恢复系统来恢复任何载波相位偏移，以允许用于该均衡器系统中的自适应算法更快收敛。该自适应均衡器工作于一个获取（加入）模式中，以及工作于一个稳定状态（短脉冲）模式中。

本实施例涉及用于固定宽带无线接入网的一种用于链路跳跃无线网络拓扑结构的自适应均衡器子系统。这种网络工作于不同的频谱中，例如在 28GHz 的本地多点分布服务 (LMDS) 频带。在这种网络中的一个节点的调制解调器能够在缓慢时间变化的信道上快速地从一个链路跳到另一个链路。也就是说，该信道对于任何给定的链路从一个短脉冲到另一个短脉冲是准静态的。一个多级自适应均衡器技术被提供用于例如使用固定宽带无线接入的高速短脉冲多链路跳跃网络拓扑的连贯

检测和均衡。

在固定视线 (fixed line-of-sight, LOS) 信道中衰减，尽管与移动系统相比较缓和，但是它提供使得幅度和相位跟踪中断的影响。用于均衡器系统的 RLS、快速卡尔曼或盲算法不适合短脉冲调制解调器应用。

由于在衰减信道中的较大周期滑移速率、算法的复杂度和不稳定性、和/或在短脉冲宽带应用中的缓慢收敛速率导致这些自适应技术不能够提供改进的性能。

本实施例被设计为通过采用适用于可变长短脉冲调制解调器的快速和有效算法，利用可变 QAM 调制信令，与常规自适应均衡方案相比增强性能，并且保持较低实现复杂度和较高输出效率。一种伴随载波相位偏移估计子系统的多级自适应均衡技术是用于补偿在涉及采用使用自适应 QAM 调制方案的高速短脉冲数据的动态网络的幅度和延迟失真的实施例的范围。

为了实现在短脉冲衰减信道和高速网络下层结构中的连贯检测，必须执行一种可靠的载波相位恢复方法和灵活均衡技术。但是。原则上，非辅助和非自适应方案本身是最有效的，但是当工作于低信噪比(SNR) 和/或该信道由于衰减而不成对时，它们的性能即使对于非常稳固的调制信令（即，B/QPSK）也变为关键。

在短脉冲模式中，本实施例的自适应均衡单元执行一个多级均衡方案。首先，使用时序恢复电路采样所接收的信号，进行匹配滤波，并且通过一个固定的 T/N 间隔均衡器，以补偿在该操作下的链路的相位和幅度的变化。当在该网络拓扑中（多点到多点）接收一个特定链路的新脉冲时，用于该链路的固定均衡器的加权被根据作用于相应链路的先前短脉冲上的一个均衡器的抽头系数而更新。在本实施例中，固定均衡器的 (2K+1) 抽头系数 $C_{i,j}(n)$ 被从一个存储单元装载到一个 T/M 间隔均衡器。也就是说，在本实施例中，每个节点具有存储于与其 N 个相邻节点相对应的本地存储器中的 N 组抽头系数，

$$C_{i,j}(n) = [c_{i,j}(-K,n) \ c_{i,j}(-K+1,n) \ \dots \ c_{i,j}(K,n)]^T, \quad \text{for } i=1\dots,N, \text{ and } n,j=0,1\dots$$

本实施例提供一种用于自适应均衡的新的和改进的方法和系统。在两个明显区别的模式中执行该幅度和延迟失真补偿。第一模式是加入模式，其中一个节点被导入，以加入到一个网络无线系统。在该模式中，通过一个已知训练符号的长序列，估计在时间 n 时第 i 个相邻节点和第 j 个短脉冲的均衡器的抽头系数 $C_{i,j}(n)$ 。⁵ 该操作模式被称为获取模式。

在第二模式中，当该网络的基础结构处于短脉冲或稳定状态操作中时，使用该自适应均衡器。该讨论的焦点主要在于该自适应均衡的模式上。尽管在此存在多个常规的线性和非线性自适应均衡器（即，LMS 遍历、判定反馈、零强制等等）可以使用并且在该文献中引用。¹⁰ 本实施例利用一种新颖的多级结构，其有效地用一个短脉冲调制解调器在能够基于脉冲进行链路跳跃的现有网络中工作。

图 1 为采用一种网络拓扑的示意无线网络 100。如图 1 中所示的网络 100 包括在无线通信中的第一节点 102、第二节点 104、第三节点 106 以及第四节点 108。¹⁵ 该网络 100 可以包括任何数目的节点。图 1 中所示的四个节点仅仅是示意性的。在图 1 的实施例中，该网络 100 是在以 J. Berger 和 Aaronson 的名义在 1998 年 11 月 5 日提交的名称为“宽带无线网拓扑网络”的美国专利申请 No. 09/187,667 中描述的类型的无线网拓扑网络。

每个节点 102、104、106、108 包括数据处理装置和用于与例如网络 100 的其他节点这样的远程无线电台进行通信的无线电台。²⁰ 在该示意实施例中的每个节点包括一个方向性天线，其提供在多个扇区上的无线通信，该扇区提供在一个节点附近的一部分地理区域上的无线电覆盖。因此，节点 104 包括在扇区 112，其提供在包括节点 102 的区域 116 上的覆盖。节点 102 提供在一个区域 114 上的覆盖。节点 106 提供在区域 118 上的覆盖，以及节点 108 提供在一个区域 120 上的覆盖。²⁵

该网络 100 的节点 102、104、106、108 被认为是对等的。它们自由地在平等的基础上相互通信。这与例如与一个蜂窝式无线电话系统中的用户单元通信的基站这样的层级系统是不同的。在节点 102、104、

106、108 之间的通信是对等通信。

当两个节点的天线扇区对齐时，它们处于无线通信中。在这种情况下，该节点可以形成一个无线链路，并且交换数据和控制信息。因此，
5 节点 102 和节点 104 在链路 128 上通信，节点 102 和节点 108 在链路
126 上通信，以及节点 104 和节点 108 在链路 134 上通信。

该固定宽带无线网络 100 以两种模式工作。第一模式被称为获取/加入模式。第二模式被称为稳定状态或短脉冲模式。在操作的第一模式中，本发明通过插入接合数据包的指定时隙的 R 个训练符号获得自适应均衡器的初始抽头系数的精确估计。该加入处理可以是以 Y. Kagan 等人的名义在 2000 年 10 月 30 日提交的名称为“用于把一个节点接纳到一个无线网络的加入处理方法”的美国专利申请 No. 09/699,582。
10

在图 1 的示意实施例中，节点 106 可以被认为是在加入包括现有节点 102、104、108 的网络 100 的处理中的一个加入节点。该加入节点 106 从现有节点 102、104、108 接收邀请数据包，并且如此在链路 130
15 上建立与节点 102 的通信，以及在链路 132 上建立与节点 108 的通信。

图 2 的系统 200 是包括一个载波相位恢复单元 250 和一个自适应均衡器系统 270 的现有无线接收器的一部分的一般方框图。系统 200 示出恢复该载波相位并且补偿在该系统 100 的无线接收器中的随时间变化的衰减信道的幅度和延迟失真所需的操作。该载波相位估计器单元 250 可以置于该自适应均衡器 270 之前或之后。系统 200 是一个理想化或规范的代表。可以实现所示操作的系统的实际实施例需要在一个多跳跃链路系统情况中的精确和有效的估计 $\hat{\theta}(n)$ 和 $C_{i,j}(n)$ 。形成一个有效实施例的困难特别组合在本系统中，其中由于系统效率的原因，包括两个符号的导频信号短脉冲被使用。
20

图 2 中所示的一致性检测系统 200 包括一个载波恢复单元 230、复数乘法器 220、训练序列块 240、开关 260 以及自适应均衡器块 270。
25 图 2 的系统 200 接收一个信号 $r(n)$ ，其已经在每 T 秒钟被匹配滤波和采样。

例如载波频率偏移 \hat{f} 和时序相位偏移（符号时期（symbol epoch））

i 这样的其他同步参数被假设是该接收器已知的。该相位 $\hat{\theta}(n)$ 是未知的随机处理，取在 $\pm \pi$ 范围中的数值。最初，该自适应均衡器的抽头系数可以使用 240 的训练序列单元来估计。该载波相位恢复处理可以是在 M. Rafie 等人的名义在 2001 年 1 月 15 日递交的美国专利申请 5 09/764,202，名称为“用于自适应调制解调器和链路跳跃无线网络的载波恢复系统”。该载波相位恢复处理包括多个级，包括第一级，其使用包含在当前数据短脉冲中的多个已知导频符号通过一种导频辅助技术获取失真载波相位的粗略估计；固定相位的偏置消除级，其耦合到第一级；复数共轭矢量产生级，其耦合到该固定相位偏移消除级；去旋转级，用于通过由矢量产生级所产生的一个矢量信号对均衡的信号去旋转 (de-rotating)，从该均衡信号消除所估计的粗略载波相位，以产生一个粗略相位补偿信号；数据辅助相位估计器级，用于使用一种数据辅助判定指导 (decision-directed) 技术从该粗略相位补偿信号除去调制信号；平均级，用于平均来自数据辅助相位估计器的 M 个符号，以减小噪声变化。该符号时期和载波频率值被预先独立于载波相位而估计并且被在短脉冲之间精确地跟踪。
10
15

所接收的均方根上升余弦匹配滤波器信号 210 $r(n)$ 被输入到该载波相位恢复电路 230。用于在以 M. Rafie 等人的名义在 2001 年 1 月 17 日递交的美国专利申请 09/764,202，名称为“用于自适应调制解调器和链路跳跃无线网络的载波恢复系统”的专利申请所描述的短脉冲应用的类型的一个多级载波相位恢复应用可以被用于载波相位恢复电路 230 中。所估计的相位偏移 $\hat{\theta}(n)$ 被用于形成一个共轭复数信号 $e^{-j\hat{\theta}(n)}$ 。然后，通过该复数乘法器操作 220 从所接收的信号 210, $r(n)$ ，除去估计的相位偏移值，以产生该均衡器输入信号 $x(n)$:
20
25

$$x(n) = r(n)e^{j(-\hat{\theta}(n))}$$

一个开关 260 被提供，以根据该信道的状态选择用于在获取模式或稳定状态操作中的自适应均衡器的已知训练序列。一个自适应均衡器 270 耦合到该开关 260，以补偿信道幅度和延迟变化。用于所接收信号

的载波相位补偿恢复的必要条件对于在短脉冲调制解调器应用中的自适应均衡器系统的可接受性能是关键的。在连续（非脉冲）应用中，该自适应均衡器对于相位变化不太敏感，因此在自适应均衡器之后可以设置载波相位恢复系统。

5 如上文所述，该系统 200 是一致性检测和所接收信号的均衡的一种标准形式。但是，在图 1 的系统中，无线信号被接收作为由短（例如，两个符号）的导频信号所构成的短脉冲。并且，图 1 的系统是一种链路跳跃系统，其中在特定接收时间过程中，在一个频率上接收一个无线信号。该计算时间可能与接收其他信号的时间相交叉。在下文所述的实施例涉及用于在一个链路跳跃、短脉冲模式无线接收器中恢复载波相位的系统和方法。
10

15 在该示意实施例中，每个数据脉冲可以具有图 3 中所示的格式。图 3 示出在图 1 的无线网络 100 中的一个发送脉冲的帧格式。在图 3 中的脉冲是用于在网络 100 的节点之间正在进行的脉冲模式通信的类型，并且不同于在下文结合图 4 所述的加入处理中所用的短脉冲。图 3 的短脉冲是一个数据脉冲的例子。如在图 3 的数据脉冲 300 中所示，该稳定状态模式短脉冲包括数据符号 302 和已知的导频符号 304，每个符号在该数据脉冲的已知时序位置处。导频符号 304 被插入在分组数据脉冲 300 的数据符号 302 之间。两个导频符号被用于所示的实施例中，但是可以使用任何适当数目的导频符号。该导频符号被选择处于 QAM 构像的最大幅度角处。如图 3 中所示，在时域中，该导频符号可以位于短脉冲 300 的中央附近。例如，在 32 个符号的短脉冲中，该导频符号分别位于第 16 个和第 17 个符号处。在所示的实施例中， m 为在每个数据包的所插入导频之前的数据符号数目，并且被选择为 15 个。参数 m' 可以是 m 的任何倍数。在一个实施例中，不使用其他导频符号（即， $m' = \infty$ ）。该短脉冲 300 把该导频符号嵌入在该数据中，用于可靠的相位估计和数据恢复。图 2 的载波相位同步系统使用该插入的导频符号和所估计的数据符号来精确恢复用于短脉冲的载波相位偏移。
20
25

类似地，图 4 示出由在用于图 1 的无线网络 100 的加入处理中所采

用的训练序列构成的一个所发送的邀请数据包的短脉冲 400。在该加入模式，专用于抽头加权估计的 R 个已知训练符号与图 4 中所示的所发送加入帧中的其他已知序列复用。

图 5 为在一个短脉冲模式操作中用于图 1 的无线网络的一个节点中的一个自适应均衡器系统 500 的方框图。该系统 500 形成一个整体载波相位恢复系统。该系统 500 可以应用于一个无线接收器中，其接收一个调制信号作为在例如图 1 的系统 100 这样的一个链路跳跃无线通信系统中的多个链路的一系列脉冲。在具体实施例中，每个短脉冲可以包括一个或多个导频符号和数据符号。在一个实施例中，包括该系统 500 的无线接收器在随时间缓慢改变的一个信道上的 28GHz 处的本地多点发布服务 (LMDS) 中工作。该无线接收器接收正交调幅 (QAM) 数据的广播。该无线接收器在多个无线链路之间跳跃，以在多个无线链路上接收无线信号的短脉冲。根据特定网络的结构，在一个特定信道上在该接收器所接收的来自一个特定发送器的短脉冲可以与在其他信道上的来自其他发送器的脉冲相交织。具有其他操作特征的利用其他系统的应用也是可能的。

该自适应均衡器系统 500 代表用于图 1 的无线网络的一个节点中的自适应均衡器单元。系统 500 包括延迟元件 502 和 505、混合器或复数乘法器 504、自适应均衡器 506、非自适应均衡器 508、使用导频和数据符号恢复用于当前数据脉冲的的相位的载波相位恢复单元 510、开关 532 和 507、以及一个存储器电路 512。在输出 520 接收一个初始脉冲 (在图 5 中的信号 $r(n)$) 之后，该脉冲被在该延迟块 502 中延迟。在线路 521 上的延迟数据 (在图 5 中的信号 i_6) 被在该复数乘法器中与图 5 中来自载波相位恢复单元 510 的线路 526 上的一个相位估计信号 i_5 相乘。该复数乘法器或混合器 504 结合数据的延迟的当前脉冲和恢复的相位估计，以在线路 528 上产生图 5 中的一个相位误差补偿信号 $x(n)$ 。该载波相位恢复单元 510 的结构和操作在以 M. Rafie 等人的名义在 2001 年 1 月 17 日递交的美国专利申请 09/764,202，名称为“用于自适应调制解调器和链路跳跃无线网络的载波恢复系统”的专利申请中详细描述，

该专利的全部内容通过引用的方式被包含于此。

来自乘法器 504 的输出信号 $x(n)$ 被提供在线路 528 上。该信号被提供到一个多级自适应均衡器 506，其补偿该信道相位和幅度变化。该均衡器 506 包括第一自适应均衡器 501、第二自适应均衡器 503、延迟单元 505 和开关器件 507。到达该自适应均衡器子系统 506 的输入信号 528 被处理，顺序地通过该自适应均衡器系统 501、503。该第一自适应均衡器单元 501 消耗信号 528 的 L 个（即， $L=32$ ）符号，以产生初始抽头系数组值 $C'_{i,j}(n)$ ，用于第二自适应均衡器 503。当在第 i 个无线链路的第 j 个所接收脉冲的第 L 个符号处使能该开关 507 时，所产生的抽头系数 $C'_{i,j}(n) = [c'_{i,j}(-K, n) \ c'_{i,j}(-K+1, n) \ \dots \ c'_{i,j}(K, n)]^T$ 被下载到第二自适应均衡器。该开关的操作由在一个控制线路 552 上的控制信号所控制。由该开关 507 所提供的开关功能可以由硬件部件、软件或两者的一些组合来提供。该抽头系数集 $C'_{i,j}(n)$ 通过下式获得：

$$y'_{i,j}(n) = \sum_{l=-K}^K c'_{i,j}(l, n) x_{i,j}(n-l), \quad \text{for } i=1, \dots, N, \quad j, n = 1, 2, \dots$$

其中 N 为无线链路或该有效节点的相邻节点的数目，j 为第 i 个无线链路的脉冲数目，($2K+1$) 为每个均衡器的抽头系数的数目，并且 n 为在第 i 个链路的第 j 个脉冲中的采样时刻。

到达该自适应均衡器 506 的输入信号 528 被该延迟单元 505 延迟 N 个样本，或者等效为在由第二自适应均衡器所消耗之前的 ($K+L$) 个符号。该自适应均衡器 506 提供在图 5 中的一个均衡的输出信号 $y_{i,j}(n)$ 。并且还把下一个脉冲均衡器加权：

$$C_{i,j}(n) = [c_{i,j}(-K, n) \ c_{i,j}(-K+1, n) \ \dots \ c_{i,j}(K, n)]^T,$$

提供到该固定均衡器 508，其中 $W_{i,j+1} = C_{i,j}(M)$ ，M 为第 i 个无线链路的第 j 个短脉冲的长度，并且该固定均衡器 508 的抽头系数为：

$$W_{i,j} = [w_{i,j}(-K) \quad w_{i,j}(-K+1) \quad \dots \quad w_{i,j}(K)]^T$$

相应地，用于均衡第 i 个无线链路的下一个数据脉冲（即，第 j+1 个脉冲）的自适应均衡器 501 的初始抽头值为 $C'_{i,j+1}(0) = C_{i,j}(M)$ 。在此，该自适应均衡器 503 的抽头系数根据下式而获得：

$$y_{i,j}(n) = \sum_{l=-K}^K c_{i,j}(l, n) x_{i,j}(n - n_2 - l), \quad \text{for } i = 1, \dots, N, \quad j, n = 1, 2, \dots$$

5

其中该自适应均衡器 503 的抽头系数的初值被根据 $C_{i,j}(0) = C'_{i,j}(L)$ 而设置。在所示的实施例中，L 被设置为 32，并且下一个脉冲均衡器加权被存储在该存储器 512 中，但是可以省略分离的存储器。

该均衡器 506 执行一个 T/M 间隔（即， $M=2$ ）的自适应均衡处理，
10 并且在输出端 522 产生载波相位误差补偿信号。作为自适应均衡处理的一部分，通过使用一个复数 LMS 算法的自适应均衡器 506 而产生均衡器加权。

图 6 示出一个线性自适应均衡器系统 600 的核心部分。该线性自适
15 应均衡器系统 600 执行 LMS 均衡操作。但是，该均衡器系统 600 特别适用于实现图 5 的均衡器 506。

该系统 600 包括一个输出端 601、延迟元件 605、包括乘法器 602、
求和器 603 和乘法器 604 的更新元件、以及求和器 606。该系统 600 进一步包括一个限幅器 640、求和器 642、开关 620、缩放因子选择器 648 以及乘法器 646。存储块 530 存储一个训练序列 530。

在图 6 中所示的操作块可以使用适当的硬件、与硬件单元相结合操作的软件、或者硬件和软件的组合。该系统 600 在包含该线性自适应均衡器系统 600 的接收器从媒体访问层（MAC 层）650 接收的数据和指令的控制下而工作。该媒体访问控制层调度操作、资源的控制等等。由于该线性自适应均衡器系统 600 所需的自适应不需要相对较快速地执行，因此在图 6 中所示的操作可以在 MAC 层 650 的控制下适当地用软件实现。
25

用于图 5 的均衡器 501 和 503 并且由线性自适应均衡器系统 600 所

实现的的自适应算法是。

$c_{i,j}(n+1) = c_{i,j}(n) + \mu_k \varepsilon_{i,j}(n) x_{i,j}^*(n)$, 和 $\varepsilon_{i,j}(n) = y_{i,j}(n) - \hat{y}_{i,j}(n)$, 其中 μ_k 是控制 LMS 算法的调节速率的自适应缩放因子。该缩放因子 μ_k 被从图 6 的存储块 630 中的 Q 个预先存储的数值中选择出来。该 μ_k 的选择被软件控制，并且基于在该均衡器输出端的所估计信噪比 SNR 以及提供到 MAC 层 650 的其他侧信道信息 (side-channel information)。 μ_k 的选择可以基于其他信道性能因子或信息。

为了实现上述算法，系统 600 操作如下。在输入端 601 接收输入信号 $x(n)$ 。该输入信号被提供到乘法器 602 和乘法器 604。该乘法器 602 形成项 $\mu_k \varepsilon_{i,j}(n) x_{i,j}^*(n)$ 。该求和器 403 把可以从以前被访问的存储位置提取的项 $c_{ij}(n-1)$ 相加。该输入信号还被在该延迟元件 605 中延迟，并且在该系统 600 的更新单元的其余部件中形成类似的乘积和总和。来自所有更新单元的输出值被在该求和器 606 中合并。

求和器 606 的输出是信号 $\hat{y}(n)$ 。该信号被提供到该限幅器 640，用于对一个构像进行量化。该限幅器 640 接收在选择当前被使用的调制类型的一个控制线路 656 上的输入信号。例如，该输入信号的一个数值可以对应于 16 - QAM，并且该输入信号的第二数值可以对应于 64 - QAM。来自该限幅器的输出信号 $y(n)$ 被提供在该系统 600 的输出端。

该输出信号 $y(n)$ 还被提供到开关 620。该开关 620 有选择地把该输出信号 $y(n)$ 提供到一个求和器和存储块 530，作为一个所存储的训练序列。该开关响应在线路 654 上从例如 MAC 层 450 这样的控制电路接收的控制信号而工作。该训练序列可以在一个系统中的接收器的操作开始时被存储。

求和器组合未量化的限幅器输出信号 $\hat{y}(n)$ 和量化的限幅器输出信号 $y(n)$ ，以形成误差信号 $\varepsilon(n)$ 。在此， $\varepsilon(n) = y(n) - \hat{y}(n)$ 。该输出信号被限幅器 640 量化到一个构像点，但是可能不是正确的构像点。该输出信号不被量化到一个构像点。该系统的操作倾向于减小 $\varepsilon(n)$ 。更大的误差产生更大的校正。因此，当用所选择的缩放因子乘以该误差信号 $\varepsilon(n)$ 时，该乘积倾向于产生与该误差的大小相关的纠正值。该缩放因子被在

控制线路 652 上接收的一个控制信号的缩放因子选择器所选择。

还提供用于图 1 的系统 100 的无线网络的一个可编程均衡器训练序列 (ETS)，以在数据包不经常出现在该无线网络中的情况下，有助于图 5 的自适应均衡器 501 和 503 的收敛。在一个实施例中，该所发送的 ETS 的帧结构在图 7 中示出。在图 7 所示的实施例中，长度为 I 的 ETS 信号 710 被在时间 T 时产生。分别为请求发送 (RTS) 和清除发送 (CTS) 的短控制信号数据包 720 和 730 被按照图 7 中所示的 P 毫秒的周期而周期性地插入在每个无线链路中。根据信道条件和均衡器性能 (SNR 测量)，一个已知的 ETS 信号被根据每 S · P 毫秒而插入。在本发明的一个实施例中，假设数值 S=5。该 ETS 信号被大量地用于接收器信号强度指示 (RSSI) 和自动发送功率控制 (ATPC) 所需的 SNR 度量的可靠估计。ATPC 是用于管理系统间和系统内干扰情况的关键。

再次参见图 5，在图 5 中的块 506 的均衡器加权对应于特定链路，来自该特定链路的所接收无线信号被当前处理。该自适应均衡器 506 与固定均衡器 508 和载波相位恢复单元 510 结构一同补偿在该信道中的幅度和载波相位变化和/或对每个无线链路提供来自在该无线链路上的所接收脉冲的适当信道侧信息。

该均衡器加权、信道相位或者其他所确定的信道信息被存储在图 5 的存储器 512 中。在所示的实施例中，该存储器 512 是一个随机存取存储器。在另一个实施例中，其他存储设备可以被代替。在一个链路跳跃网络实施例中，例如图 1 的网络 100，该均衡器加权被优选地根据与它们相关的链路的指示而存储，按照这种方式，响应在存储器 540 的输出端接收的一个选择信号，该均衡器加权 $W_{i,j}$ 可以被从该存储器 512 中提取，用于一个后续短脉冲的均衡。当用于特定链路的每个后续脉冲被接收时，该自适应均衡器 506 使用当前均衡器加权更新用于下一个所接收脉冲的均衡器加权。该迭代自适应均衡器 506 然后存储在存储器 512 中存储更新的均衡器加权。

图 5 的固定均衡器 508 接收所存储的均衡器加权作为来自该存储器 512 的信号 $W_{i,j}$ 。如上文所示，在一个多链路或链路跳跃系统中，所存

储的均衡器加权最好从该存储器中根据所接收的链路而提取。该均衡器 508 使用该均衡器加权或者用于该无线链路的其他所确定信道信息，以可靠地接收在该无线链路上的下一个所接收脉冲。也就是说，当用于该特定链路的下一个脉冲被接收时，在到达存储器 512 的输入端 540 保持该选择信号，以提取以前为该链路存储的均衡器加权。该固定均衡器 508 使用该自适应均衡器 506 的所提取的均衡器加权预先补偿该信道的幅度和延迟失真。该均衡信号

$$g_{i,j}(n) = \sum_{l=-K}^K w_{i,j}(l) r_{i,j}(n-l)$$

被提供到在一个线路 542 上的载波相位恢复单元 510。

在图 5 中的延迟块 502 被提供以分别解决在该固定均衡器 508 和载波相位恢复单元 510 中所遇到的处理延迟。

在多链路环境中，图 5 的系统 500 可以从不同接收器通过几个独立信道接收脉冲。有时，系统 500 可以从单个发送器接收多个脉冲或连续传输。通常，尽管该系统 500 从一个发送器在第一信道上接收一个脉冲，然后在相同的第一信道上从相同的发送器接收第二脉冲。来自一个或多个其他发送器的脉冲被分布在该信道上的第一和第二脉冲之间。

因此，该系统 500 接收在第一无线链路上的第一无线信号的第一脉冲。例如，在图 1 中，包括在本例中的系统 500 的节点可以在链路 126 上接收来自节点 108 的脉冲。系统 500 存储该均衡器加权、载波相位或其他信道信息。然后，该系统 500 接收在例如图 1 中的链路 128 这样的第二无线链路上的第二无线信号的第一脉冲。该系统 500 使用该第二无线信号的第一脉冲确定关于第二无线链路的信道信息。用于第二无线链路的信道信息被存储。然后，该系统 500 使用该均衡器加权或其他链路信息接收在例如图 1 中的链路 126 这样的第一无线链路上的第一无线信号的下一个脉冲。

在加入处理中，一个新的或加入的节点被添加到一个或多个节点的现有网络。例如，在图 1 中所示的示意实施例中，如果节点 106 是加入已经包括节点 102、104、108 的网络 100 的一个加入节点，则该节点

106 必须把来自其他节点的无线信号置于该网络 100 中，包括该无线信号的定位方向和频率。另外，该节点 106 必须使用该无线信号获取与其他节点的时序同步。另外，该加入节点 106 必须启动与一个或多个现有节点的通信，使得它的存在可以被记录在该网络中。

5 再次参见图 4，在一个实施例中，一个脉冲 400 包括所有训练符号 402。该脉冲 400 是 R 个已知符号的持续时间，其中 R 可以是任何所选择的数字。仅仅发送具有所需统计特性的符号简化在加入接收器处的加入处理。但是，在另一个实施例中，包括其他数据内容 的其他帧结构可以被代替。因此，该帧结构 400 在该邀请数据包内的一个已知时序位置处形成具有数据符号和已知训练符号的一个邀请脉冲。
10

与图 5 中所示的系统相结合，图 4 的数据脉冲 400 可以用于该自适应均衡的加入处理，以用分别用于固定均衡器和第一自适应均衡器的初始存储的抽头系数值填充该存储器 512。也就是说，通常由在希望加入该网络的一个加入节点中的系统 500 所接收的第一脉冲是如图 4 中所示的一个邀请脉冲。在由图 5 的自适应 T/M 间隔均衡器 506 均衡之后，
15 该均衡器加权被存储在该存储器中。该均衡器加权形成用于从在该网络中的一个建立的节点到该加入节点的新无线链路的链路参数。该链路参数或均衡器加权被存储作为初始信道信息。在接收后续的脉冲之后，该链路参数可以被更新。如果另一个邀请脉冲或数据脉冲被从在该新的无线链路上的所建立节点接收时，所存储的抽头加权可以用新的均衡器加权来更新，其反映在该信道上的变化。
20

从上文所述，可以看出本实施例提供一种用于在脉冲模式系统中的自适应均衡装置的方法和装置。例如适用于该链路的均衡器加权的关于该无线链路的信息被存储用于随后在一个接收器中使用。为了自适应均衡，首先使用一个固定均衡器来预先补偿一个缓慢变化信道的幅度和延迟失真。使用所接收数据的导频符号对该载波相位恢复单元进行粗略相位估计。然后该粗略估计被用于通过一种数据定向的载波相位恢复技术进行精确估计。最后，由两个自适应部分间隔的均衡器所构成的一个迭代自适应均衡器被用于补偿在短脉冲和网络构架中的信道幅度和延迟
25

损失。

尽管本发明的特定实施例已经被示出和描述，但是可以做出更改。在该图的方框图中所示的操作块可以被体现为硬件组件、与硬件相结合而操作的软件代码、或者两者的组合。在这种以硬件、软件或其组合所实现的功能在本领域的普通技术人员的知识范围内。另外，这种所示的功能可以通过变型与其他操作相结合，以覆盖反映本发明的真实思想和范围的这种改变和变型。
5

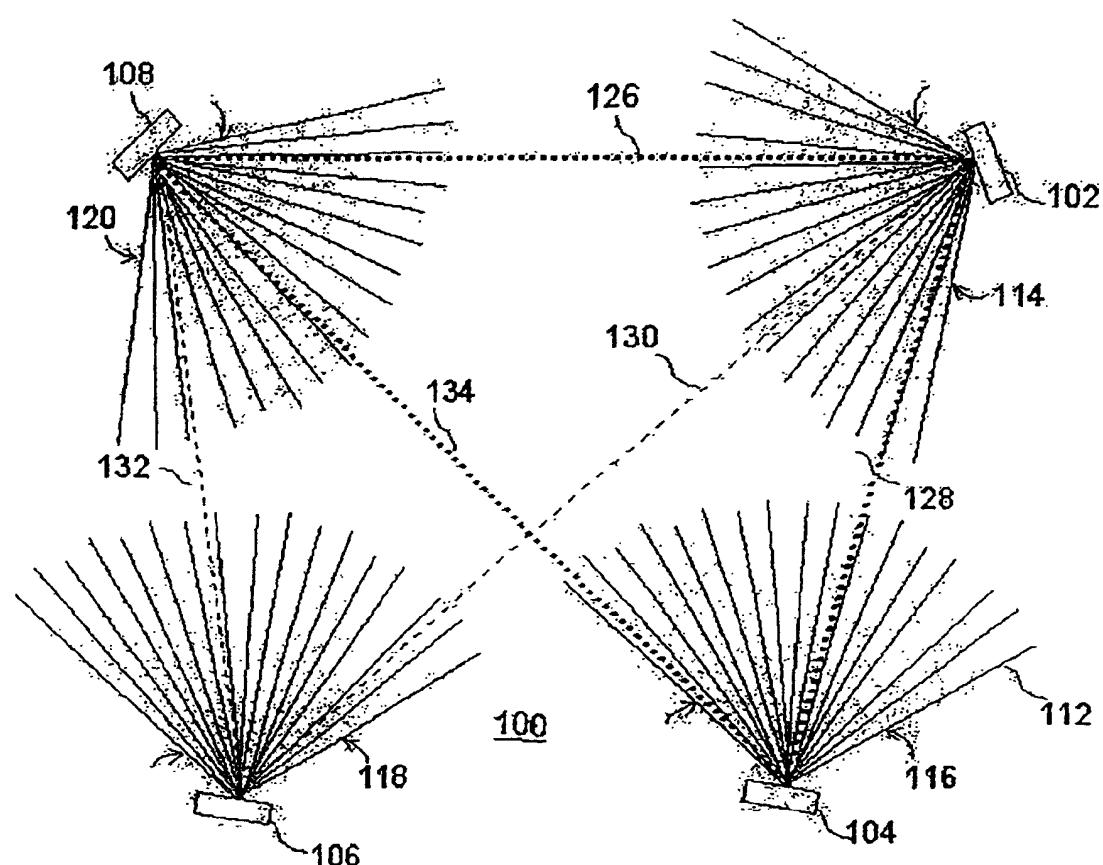


图 1

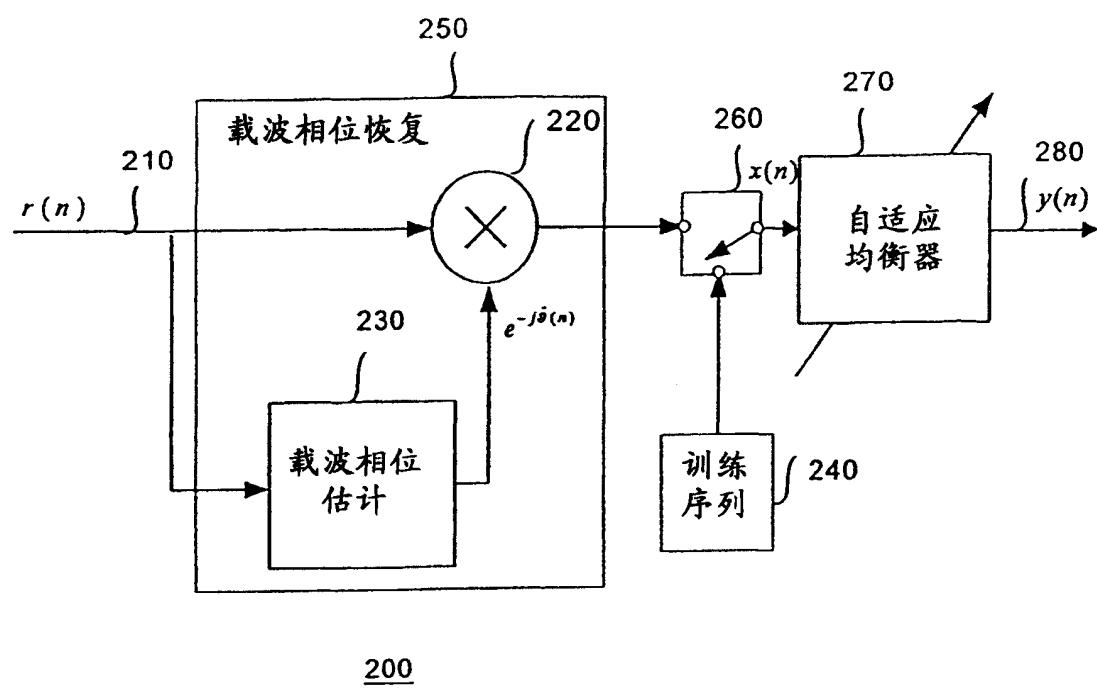
200

图2
现有技术

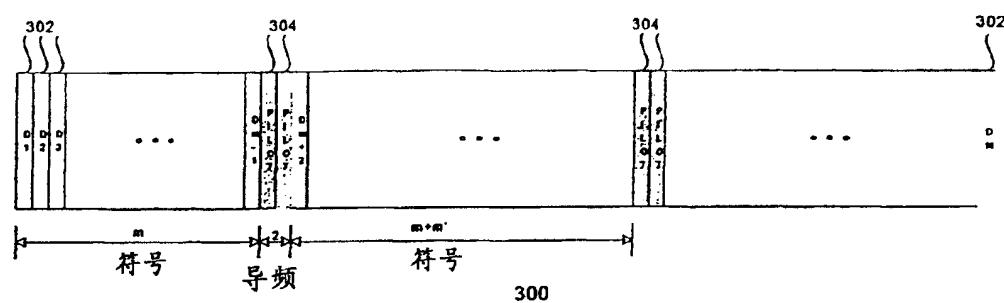


图 3

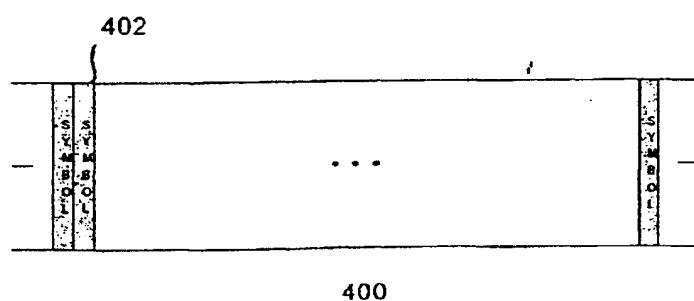


图 4

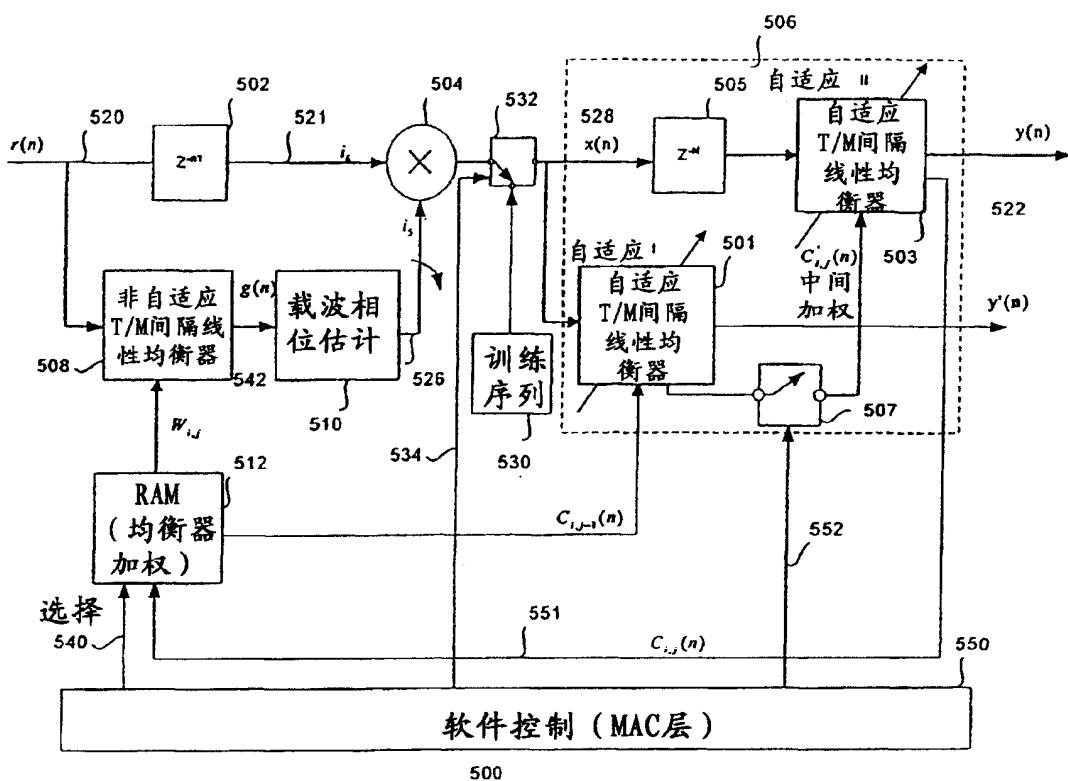


图 5

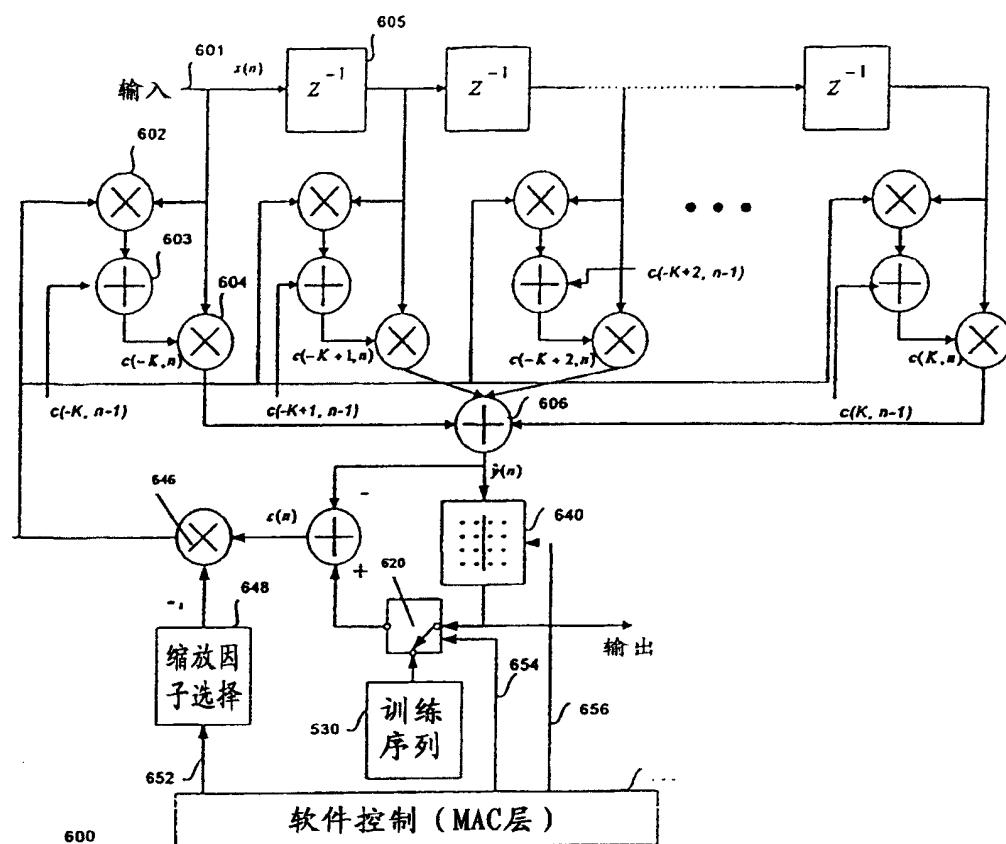


图 6

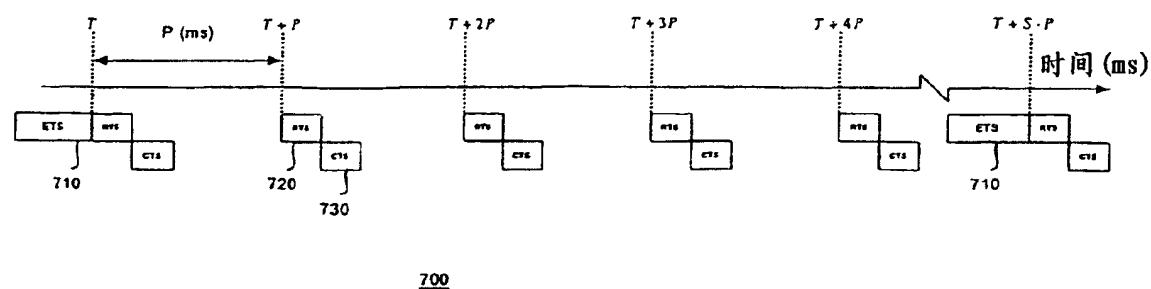


图 7