



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101299733 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 16

(21) 申请号 200810060033. X

(22) 申请日 2008. 03. 05

(73) 专利权人 中国科学院嘉兴无线传感网工程中心

地址 314000 浙江省嘉兴市南湖区亚太路778号1期2号楼

(72) 发明人 姜建 施玉松 陈晨 万溢萍 姜华 刘海涛

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 沈志良

(51) Int. Cl.

H04L 25/03 (2006. 01)

H04L 27/26 (2006. 01)

H04L 12/28 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1437338 A, 2003. 08. 20,

CN 1708142 A, 2005. 12. 14,

CN 1351449 A, 2002. 05. 29,

EP 1734715 A2, 2006. 12. 20,

王文博等. 3.3 信道估计. 《宽带无线通信OFDM技术》. 2003, 47-48.

侯春萍等. OFDM系统中两种变换域信道估计模型及其应用环境. 《天津大学学报》. 2003, 第37卷(第2期), 105-110.

姜永权等. 一种基于PN序列的OFDM时域信道估计方法. 《汕头大学学报(自然科学版)》. 2006, 第21卷(第4期), 75-80.

审查员 张新宇

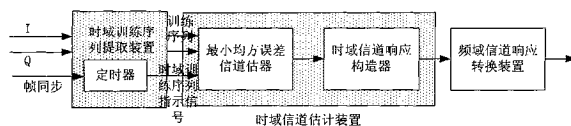
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种应用于无线传感网的最小均方误差信道估计装置

(57) 摘要

本发明公开了一种应用于无线传感网的最小均方误差信道估计装置,包括时域训练序列提取装置、时域信道估计装置、频域信道响应转换装置。本发明通过对时域插入的导频符号基于最小均方误差原则进行信道估计,得到信道的时域响应,再通过频域信道响应转换,得到每个子载波上的信道响应完成信道估计。由于最小均方误差信道估计器的实现复杂度与用于估计的训练序列的长度二次方成线性关系,对于时域插入导频符号长度可以很小,这样能有效的降低信道估计装置的实现复杂度,使其实现复杂度比原先估计器降低几个数量级,能应用于无线传感网节点中。



1. 一种应用于无线传感网的最小均方误差信道估计装置,其特征在于它至少包括时域训练序列提取装置、时域信道估计装置和频域信道响应转换装置;时域信道估计装置与时域训练序列提取装置的输出相连,频域信道响应转换装置与时域信道估计装置相连;

所述的时域训练序列提取装置由帧同步信号控制,指示出信号中时域训练序列的位置;

所述的时域信道估计装置通过对接收到训练序列进行最小均方误差信道估计,得到信道时域响应的最佳估计结果;

所述的频域信道响应转换装置将信道时域响应转换到频域,得到每个子载波上的信道响应;

所述的时域训练序列提取装置包括一个帧同步信号控制的定时器,定时器根据设定的帧结构,定时给出训练序列指示信号;

所述的时域信道估计装置包括最小均方误差信道估计器和时域信道响应构造器,最小均方误差信道估计器遵循最小均方误差原则进行信道估计,时域信道响应构造器通过添零的方式得到整个符号周期内的信道响应;

所述的最小均方误差信道估计器包括时域信道响应存储器、自相关器、训练序列共轭相关器、训练序列相关器、噪声方差寄存器、对角矩阵加法器、逆矩阵计算器、第一矩阵乘法器和第二矩阵乘法器,它以经典模型的信道响应为参考进行信道估计,并用估计结果进行迭代;

所述的训练序列相关器由循环移位寄存器、符号转换器、加法器和 toplize 矩阵构造器组成,根据 toplize 矩阵的性质,只需要取输入矩阵的第一列进行计算得到相关结果的第一列,再构造出整个相关矩阵;

所述的 toplize 矩阵构造器根据 toplize 矩阵的特性,对输入的列矢量通过循环移位的方式构造出整个矩阵。

一种应用于无线传感网的最小均方误差信道估计装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于 OFDM 体制的无线传感网络的传输节点,尤其涉及其接收机中的信道估计装置。

背景技术

[0002] 随着通信技术、嵌入式计算技术和传感器技术的飞速发展和日益成熟,具有感知能力、计算能力和通信能力的无线传感器节点开始出现,并且引起了人们的极大关注。这种无线传感器节点构成无线传感网能够协调地感知、采集和处理网络覆盖区域内的各种环境或监测对象信息,并发布给需要这些信息的用户。无线传感网将逻辑上的信息世界与真实的物理世界融合在一起,深刻地改变了人与自然的交互方式;可以广泛地应用于军事、工农业控制、生物医疗、环境监测等诸多领域。

[0003] 目前,传感器网络研究的一个重要方面是在能量严重受限的微型节点上如何实现简单的环境数据(如温度、湿度、光强等)采集、传输与处理。然而,随着监测环境的日趋复杂多变,由这些传统传感器网络所获取的简单数据愈加不能满足人们对环境监测的全面需求,迫切需要将信息量丰富的图像、音频、视频等媒体引入到以传感器网络为基础的环境监测活动中来,实现细粒度、精准信息的环境监测。这就要求每个节点能够在有限的频谱资源上传输丰富多彩的内容。OFDM 传输体制凭借其简单易与频谱效率高的特性,被引入到无线传感网中,提供高速多媒体服务。

[0004] 在大多数的 OFDM 接收机中,信道估计都是基于频域估计和内插方式实现的。大多数的 OFDM 接收机中的信道估计如图 1 所示,包括多载波解调装置,导频子载波提取装置,信道估计装置。所述的多载波解调装置则利用各个子载波之间的正交性,对时域的采样信号进行 FFT 变换,解调出每个子载波上所传输的符号。所述的导频子载波提取装置根据预先设定的导频子载波插入位置,从多载波解调装置解调出的各个子载波数据中提取出导频子载波信号。导频子载波提取装置输出一个与解调结果对应的导频子载波指示信号,高电平表示当前子载波是导频子载波。所述的信道估计装置包括信道估计器和内插器两个模块。信道估计器与导频提取装置相连,且自身包括一个 ROM,用于存放导频符号。根据导频子载波提取装置输出的导频子载波指示信号来提取出的导频子载波上的解调信号,同时从 ROM 中读取导频符号,采用最小二乘(LS)算法或者最小均方误差(MMSE)算法进行信道估计,估计出各个导频子载波上的信道响应。内插器则根据导频子载波上估计出的信道响应来对数据子载波上的信道响应进行内插,估计出各个数据子载波上的信道响应。它包括上采样器和滤波器。上采样器采用插零的方式对各个数据子载波上的信道响应进行内插,再用滤波器对插值后的信道响应进行平滑滤波。

[0005] 在现有的信道估计器中,MMSE 算法的信道估计器具有最优的性能,但实现复杂度高,不适合无线传感网的应用。LS 算法的信道估计器实现简单,能应用于无线传感网节点中,但与 MMSE 算法在估计误差性能上有 15dB 的差距,性能较差。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种应用于无线传感网的最小均方误差信道估计装置,对时域插入的导频符号基于最小均方误差原则进行信道估计,得到信道的时域响应,再通过 FFT 变换,得到每个子载波上的信道响应完成信道估计。

[0007] 本发明要解决的是现有 MMSE 算法的信道估计器有较大的估计误差,影响信道估计器性能而不适合在无线传感网中应用的问题。

[0008] 本发明为了达到上述目的,本发明至少包括:时域训练序列提取装置、时域信道估计装置和频域信道响应转换装置;时域信道估计装置与时域训练序列提取装置的输出相连,频域信道响应转换装置与时域信道估计装置相连。

[0009] 所述的时域训练序列提取模块包括一个定时器,在系统取得同步后,根据训练符号在帧中的位置给出一个时域训练符号指示信号,高电平指示时域训练序列的位置。

[0010] 所述的时域信道估计装置由最小均方误差估计器和时域信道响应构造器组成,最小均方误差信道估计器基于最小均方误差 (MMSE) 准则,根据接收到的训练序列,对信道响应进行估计,得到信道时域响应的估计值。它包括时域信道响应存储器,自相关器,训练序列共轭相关器,训练序列相关器,噪声方差寄存器,对角矩阵加法器,逆矩阵计算器,第一矩阵乘法器,第二矩阵乘法器。时域信道响应存储器用于存放信道响应的估计结果,自相关器对输入的信号序列求自相关,训练序列共轭相关器计算输入序列与预先设定的训练序列的共轭值的相关,训练序列相关器计算输入序列与预先设定的训练序列的相关,噪声方法寄存器用于存放噪声方差的估计值,对角矩阵加法器计算由第一输入端口输入的参数构造的对角矩阵与第二输入端口输入的普通矩阵的和,逆矩阵计算器计算输入的矩阵的逆矩阵,第一矩阵乘法器计算两个输入端口输入的方阵的积,第二矩阵乘法器计算第一输入端口输入的方阵和第二输入端口输入的矢量的积。其中训练序列相关器由一个循环移位寄存器、若干个符号转换器和一个加法器组成,循环移位寄存器对输入的序列进行循环移位,符号转换器根据当前寄存器对应的训练符号进行构造,由于训练符号的值为 $\pm 1 \pm j$,因此可以通过实部虚部的加减操作等效实现移位寄存器中的值与训练符号相乘,加法器用于对符号转换器的输出进行相加,得到训练序列相关结果。训练序列共轭相关器的结构与训练序列相关器的结构相同,区别在于其中的符号转换器根据训练序列的共轭值来构造。所述的时域信道响应构造器通过对估计出的信道时域响应进行添零的方式得到与 OFDM 符号周期相同的信道时域响应的估计结果,这样做是为了在转换到频域后能够直接得到各个子载波上的信道响应值。由于最小均方误差信道估计装置实现的复杂度与训练序列的长度的平方成线性关系,采用时域训练序列的目的就是通过选取较短的训练来得到较低的实现复杂度,这样训练序列的选取是略大于信道的多径时延扩展,而远小于 OFDM 符号周期。

[0011] 所述的频域信道响应转换装置用于将估计出的时域信道响应值转换到频域,得到每个子载波上的信道估计值,这可以通过 FFT 变换装置来实现。

[0012] 本发明的优点:本发明的信道估计装置对时域插入的导频符号基于最小均方误差原则进行信道估计,得到信道的时域响应的精确估计结果,再通过频域信道响应变换,得到每个子载波上的信道响应完成信道估计。由于时域插入导频符号长度不受 OFDM 符号周期的限制,可以选得很小,这样能有效的降低信道估计装置的实现复杂度,所以能应用于无线传感网节点中。

附图说明

- [0013] 图 1 为现有的信道估计装置结构图。
 [0014] 图 2 是本发明信道估计装置结构图。
 [0015] 图 3 是本发明的最小均方误差估计装置子模块结构图。
 [0016] 图 4 是本发明的训练序列相关器子模块结构图。

具体实施方式

- [0017] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步说明。
- [0018] 如图 2 所示,本发明包括时域训练序列提取装置、时域信道估计装置、频域信道响应转换装置。
- [0019] 所述的时域训练序列提取装置与输入的 I、Q 信号相连,内部包含一个定时器,定时器的工作状态由帧同步信号来控制,当帧同步信号有效时,定时器开始工作,并根据训练序列在帧中的位置计数到特定的值时输出一个高电平指示训练序列,当训练序列结束时,重新输出低电平。
- [0020] 所述的时域信道估计装置包括一个最小均方误差信道估计器和一个时域信道响应构造器。它与时域训练序列提取装置的输出相连,由时域训练序列提取装置输出的时域训练序列指示信号来控制其工作状态,通过最小均方误差信道估计并构造出信道的时域响应输出。其中的最小均方误差信道估计器根据下式进行估计:
- [0021] $\hat{h} = R_{hh} s^H (s R_{hh} s^H + \delta_0^2 I_{Lc})^{-1} y$,其中 R_{hh} 是信道相关矩阵, s 是训练序列, δ_0^2 是噪声的方差, y 是接收到的训练序列。如图 3 所示,最小均方误差信道估计器包括时域信道响应存储器,自相关器,训练序列共轭相关器,训练序列相关器,噪声方差寄存器,对角矩阵加法器,逆矩阵计算器,第一矩阵乘法器,第二矩阵乘法器。
- [0022] 其中,时域信道响应存储器与信道估计结果输出相连,用于存放信道响应的估计结果,当系统初始工作时,根据经典信道模型来给存储器设置一个初始值,当系统工作时则通过反复的估计来迭代获得一个比较精确的信道估计结果。
- [0023] 自相关器与时域信道响应存储器相连,对输入的时域信道响应信号求自相关,计算出信道的自相关矩阵。
- [0024] 训练序列共轭相关器与自相关器相连,计算输入的信道自相关矩阵与预先设定的训练序列的共轭值的相关。
- [0025] 训练序列相关器与训练序列共轭相关器相连,计算输入的信道自相关矩阵与训练序列共轭矩阵的相关结果与预先设定的训练序列的相关。
- [0026] 噪声方差寄存器用于存放噪声方差的估计值,噪声方差可以由信噪比估计模块实时的写入。
- [0027] 对角矩阵加法器与噪声方差寄存器和训练序列相关器相连,将第一输入端口输入的噪声方差值与第二输入端口输入的矩阵的对角线上元素相加,等效于实现一个对角线上元素为噪声方差的对角阵与另一个普通矩阵的相加。
- [0028] 逆矩阵计算器与对角矩阵加法器相连,计算对角矩阵加法器相加结果的逆矩阵。
- [0029] 第一矩阵乘法器与逆矩阵计算器和训练序列共轭相关器相连,计算两个模块输出

的矩阵的乘积。

[0030] 第二矩阵乘法器与第一矩阵乘法器和输入的时域训练序列相连,计算第一矩阵乘法器的输出矩阵与输入的时域训练序列的乘积。

[0031] 其中的训练序列共轭相关器由一个循环移位寄存器、若干个符号转换器、一个加法器和一个 toplize 矩阵构造器组成。从计算的表达式中可以看出,这里进行相关实际上是信道自相关矩阵和训练序列共轭矩阵的乘积,这两个矩阵都是 toplize 矩阵,它们各列都可以通过第一列循环移位得到,因此相关的结果也是 toplize 矩阵,结果中的其余各列都可以通过对第一列进行循环移位得到。显然,在进行计算时,我们只需要取两个矩阵的第一列进行计算得到结果的第一列,再构造出结果矩阵。

[0032] 如图 4 所示,循环移位寄存器与输入的信号序列相连,寄存器中存储单元的数目与信道自相关矩阵列数相同,对输入的序列进行循环移位,当信道自相关矩阵各列输入移位寄存器后,移位寄存器的每次移位都对应计算出一个结果。移位寄存器的每个存储单元都对应于一个符号转换器,它与移位寄存器的存储单元相连,根据当前存储单元对应的训练符号共轭值进行构造,由于训练符号的值为 $\pm 1 \pm j$,因此可以通过实部虚部的加减操作等效实现移位存储单元中的值与训练符号相乘。加法器与所有的符号转换器相连,用于对符号转换器的输出进行相加,得到训练序列相关结果。TopLize 矩阵构造器与加法器相连,对加法器计算输出的相关结果第一列进行循环移位构造出整个相关矩阵,每一列都由前一列进行循环移位得到。训练序列相关器的结构与训练序列相关器的结构相同,区别在于其中的符号转换器根据训练序列的值来构造。

[0033] 所述的时域信道相应构造器与最小均方误差信道估计器相连,由于信道的多径成分只集中在信道多径时延扩展以内,在信道的多径时延扩展以外部分没有多径成分存在,通过对估计出的信道时域响应进行添零的方式得到与 OFDM 符号周期相同的信道时域响应的估计结果,这样做是为了在转换到频域后能够直接得到各个子载波上的信道响应值。由于最小均方误差信道估计装置实现的复杂度与训练序列的长度的平方成线性关系,采用时域训练序列的目的就是通过选取较短的训练来得到较低的实现复杂度,这样训练序列的选取是略大于信道的多径时延扩展,而远小于 OFDM 符号周期。

[0034] 所述的频域信道响应转换装置与时域信道估计装置相连,将时域信道估计装置估计出的信道时域响应转换到频域,得到每个子载波上的信道响应。这个转换装置可以通过 FFT 装置来实现。

[0035] 综上所述,本发明的信道估计装置对时域插入的导频符号基于最小均方误差原则进行信道估计,得到信道的时域响应的精确估计结果,再通过频域信道响应变换,得到每个子载波上的信道响应完成信道估计。由于时域插入导频符号长度不受 OFDM 符号周期的限制,可以选得很小,这样能有效的降低信道估计装置的实现复杂度。另外,在最小均方误差信道估计器的实现中,充分利用了矩阵计算的特性,使得部分计算密集的模块的运算量大大降低,使其能应用于低成本的无线传感网节点中。

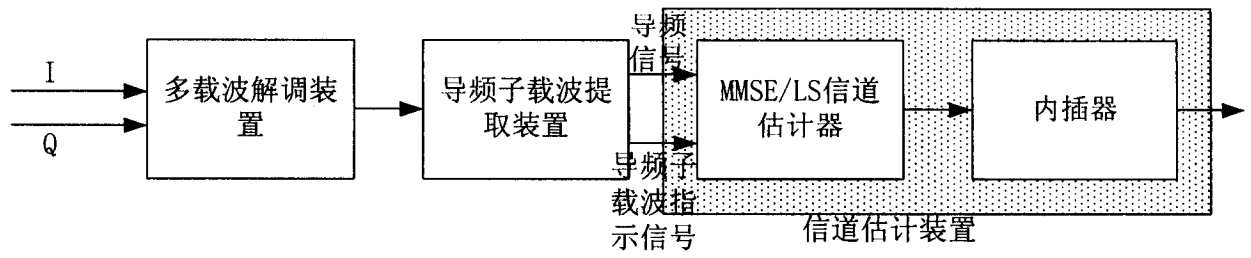


图 1

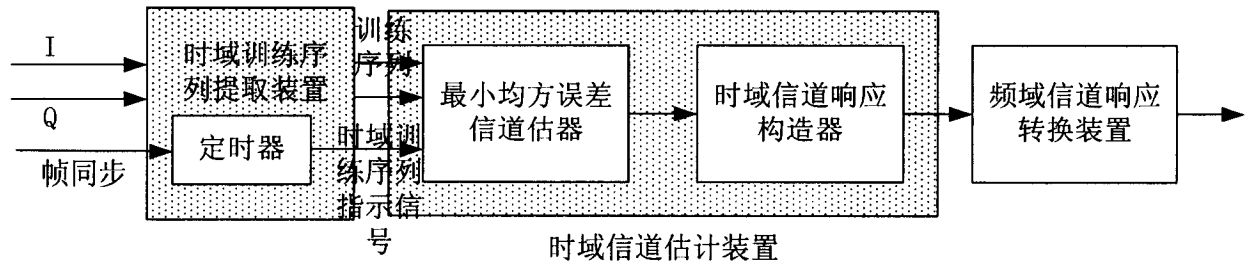


图 2

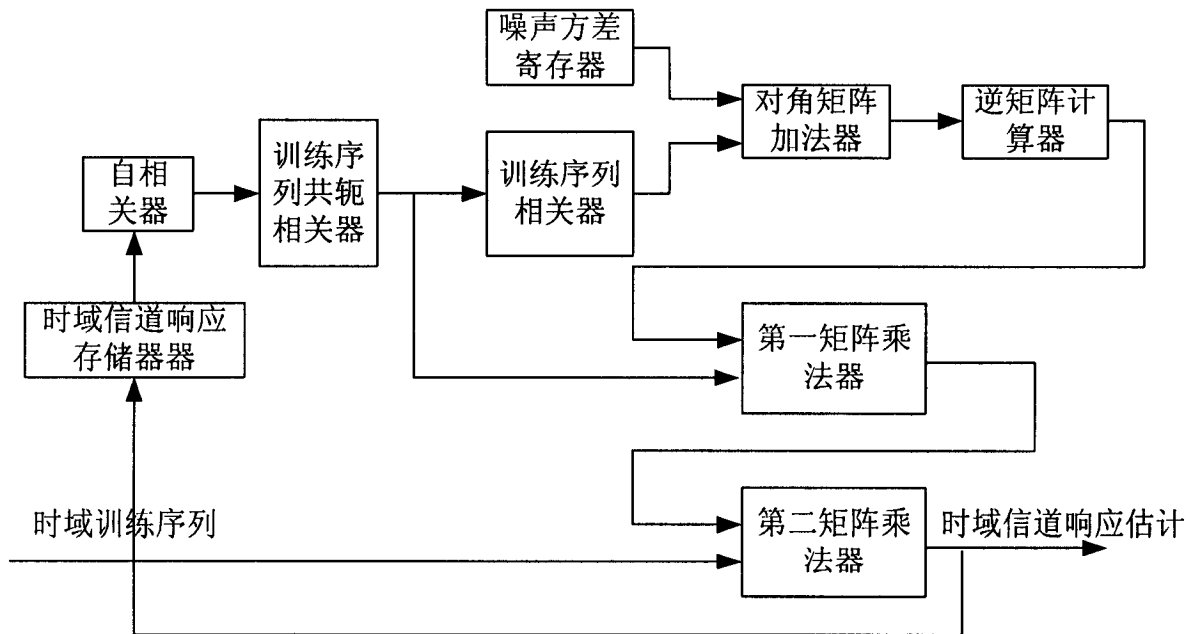


图 3

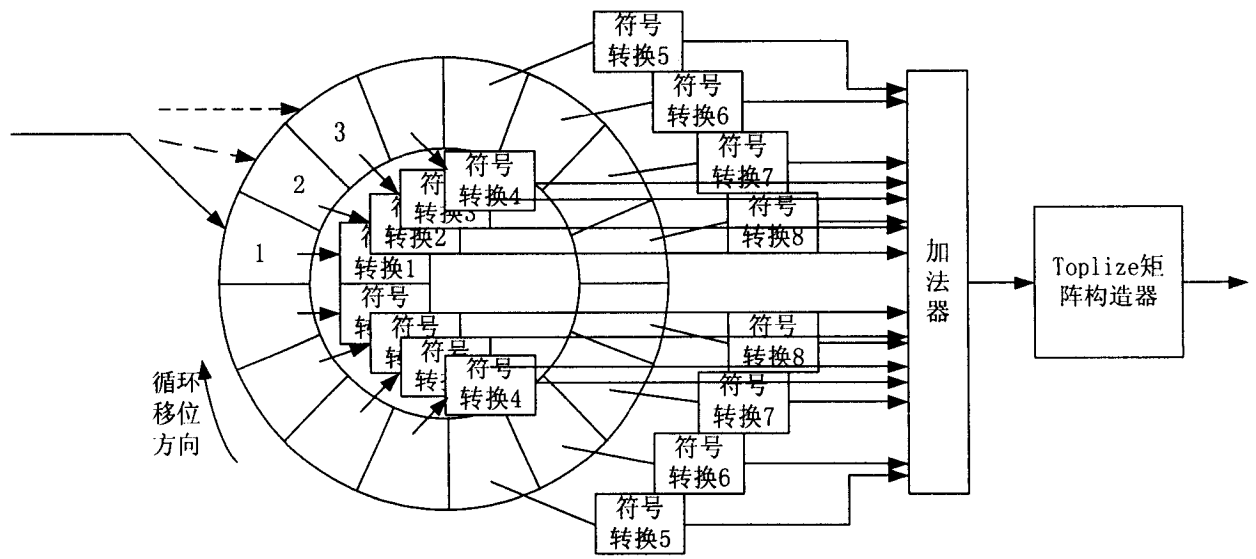


图 4