

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1611028 B

(45) 授权公告日 2010.04.21

(21) 申请号 02826516.5

(56) 对比文件

(22) 申请日 2002.10.31

WO 01/56309 A1, 2001.08.02, 全文.

(30) 优先权数据

10/001,178 2001.11.02 US

WO 01/52425 A2, 2001.07.19, 说明书第2页第18行至第3页第18行.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2004.06.30

EP 1094629 A2, 2001.04.25, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2002/035296 2002.10.31

US 4438511, 1984.03.20, 全文.

(87) PCT申请的公布数据

W02003/041330 EN 2003.05.15

CN 1263681 A, 2000.08.16, 说明书第1页第17-21行, 第2页第2-4行, 第3页第27行至4页第9行, 第5页第11-28行, 第6页第28-30行, 第7页第8-15行, 第7页第30行至第8页第22行, 附图2、8、9、16和17.

(72) 发明人 J·R·沃尔顿 J·W·凯特淳

US 5933421 A, 1999.08.03, 说明书第27栏第11-16行, 第27栏第42行至第28栏第10行.

S·J·海华德 M·华莱士

W0 00/54473 A1, 2000.09.14, 全文.

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

审查员 阎洁

代理人 陆嘉

(51) Int. Cl.

H04L 1/00 (2006.01)

权利要求书 4 页 说明书 13 页 附图 5 页

H04L 27/26 (2006.01)

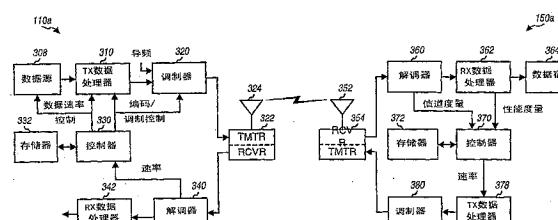
(54) 发明名称

OFDM 通信系统的自适应速率控制

(57) 摘要

用于在无线(如OFDM)通信系统中自适应控制数据传输速率的技术。一方面,导出各种类型的度量,用于选择用于数据传输的正确速率。一些类型的度量涉及通信信道的不同特性如SINR、频率选择性、时间选择性等等。一种类型的度量涉及数据传输性能。另一方面,各种类型的度量可以以不同的方式自适应控制速率。一些度量可以用于开环控制速率,其他度量可以用于闭环控制,以及一些可以用于以上两者。例如,信道度量可以用于确定或选择速率,而性能度量可以用于确定是否调整速率。

CN 1611028 B



1. 无线通信系统中一种用于控制数据传输速率的方法,包括:

估计通信信道的信道传递函数,基于估计的信道传递函数估计通信信道的频率相关函数,基于估计的频率相关函数估计相干带宽;

导出多个信道度量,这些度量具有多种类型并且指示用于数据传输的多个通信信道的多个特性,其中至少一个信道度量与估计的相干带宽有关;

基于所导出的用于多个信道中的至少一部分的度量确定用于数据传输的初始速率;在数据传输期间更新信道度量;以及

基于更新的信道度量确定多个通信信道中的至少一部分的新速率。

2. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

导出一个或多个性能度量,此性能度量指示了数据传输的性能,以及,

其中,所述基于更新的信道度量确定多个通信信道中的至少一部分的新速率的步骤包括:

基于更新后的信道度量以及一个或多个性能度量来确定所述新速率。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,还包括:

导出一个或多个性能度量,所述一个或多个性能度量指示所述数据传输的性能;

基于性能度量来确定是否调整速率。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,速率指示了要用于多个信道中的至少一部分的数据传输的一特定的编码和调制方案。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,多个信道度量包括至少一个第一类型的信道度量,且与通信信道的信号对噪声加干扰之比 SINR 相关。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,至少一个第一类型的信道度量包括估计的检测前 SINR。

7. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,至少一个第一类型的信道度量包括估计的检测后 SINR。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,多个信道度量包括至少一个第二类型的信道度量,且与通信信道的频率选择性相关。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,至少一个第二类型的信道度量包括估计的相干带宽。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,相干带宽进一步通过以下被估计:

在某个特定的时间间隔上平均估计的频率相关函数,以及

其中基于平均的估计的频率相关函数估计相干带宽。

11. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,多个信道度量包括至少一个第三类型的信道度量,且与通信信道的时间选择性相关。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其特征在于,至少一个第三类型的信道度量包括一估计的相干时间。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,所述相干时间通过以下被估计:

对多个时间实例的每个估计通信信道的信道传递函数,

基于多个时间实例的估计的信道传递函数估计通信信道的时间相关函数,以及

基于估计的时间相关函数估计相干时间。

14. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,一个或多个性能度量包括帧差错率 (FER)。
15. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,如果帧差错率在某一特定范围内,则维持此速率。
16. 如权利要求 15 所述的方法,其特征在于,如果帧差错率高于该特定范围,则降低此速率。
17. 如权利要求 16 所述的方法,其特征在于,基于更新的信道度量确定降低的速率。
18. 如权利要求 15 所述的方法,其特征在于,如果帧差错率低于该特定范围,则基于更新的信道度量提高此速率。
19. 如权利要求 18 所述的方法,其特征在于,基于更新的信道度量来确定所提高的速率。
20. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,基于接收信号中包括的导频导出该信道度量。
21. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,基于 FFT 系数值导出至少一个信道度量。
22. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,无线通信系统是正交频分调制 (OFDM) 系统并且所述多个通信信道是频率子信道。
23. 在 OFDM 系统中一种用于控制数据传输速率的方法,包括 :
 估计通信信道的信道传递函数,基于估计的信道传递函数估计通信信道的频率相关函数,基于估计的频率相关函数估计相干带宽 ;
 导出多个信道度量,这些度量具有多种类型并且指示用于数据传输的通信信道的多个子信道的多个特性,其中至少一个信道度量与估计的相干带宽有关 ;
 基于获得的信道度量确定用于多个子信道的至少一部分的数据传输的初始速率 ;
 在数据传输期间更新信道度量 ;
 导出一个或多个性能度量,此性能度量指示了数据传输的性能 ;
 基于所述一个或多个性能度量来确定是否调整所述初始速率 ;以及
 如果确定要调整所述初始速率,则基于更新后的信道度量确定一新的数据传输速率。
24. 无线通信系统中一种用于控制数据传输速率的方法,包括 :
 接收基于多个信道度量确定的数据传输初始速率的指示,上述度量具有多种类型的并且指示了用于数据传输的通信信道的多个子信道的多个特性,其中至少一个信道度量与估计的相干带宽有关,所述相干带宽基于下述过程得到 :估计通信信道的信道传递函数,基于估计的信道传递函数估计通信信道的频率相关函数,基于估计的频率相关函数估计相干带宽 ;
 以初始速率发送数据 ;
 接收基于通信信道的更新信道度量确定的用于数据传输的一更新速率的指示 ;以及
 以更新速率发送数据。
25. 如权利要求 24 所述的方法,其特征在于,该速率指示了要用于数据传输的特定的数据速率和特定的编码和调制方案。
26. 如权利要求 24 所述的方法,其特征在于,所述基于通信信道的更新信道度量确定的用于数据传输的一更新速率进一步是基于 :
 所述更新信道度量,以及

指示数据传输性能的一个或多个性能度量。

27. 如权利要求 26 所述的方法, 其特征在于, 所述数据传输性能被用于确定是否调整速率。

28. 无线通信系统中一种接收机单元, 包括 :

信道估计器, 操作用于导出多个信道度量, 这些度量具有多种类型并且指示了用于数据传输的多个通信信道的多个特性, 并且在信道传输期间更新度量, 其中至少一个信道度量与估计的相干带宽有关, 所述相干带宽通过估计通信信道的信道传递函数、基于估计的信道传递函数估计通信信道的频率相关函数、再基于估计的频率相关函数得到; 以及

速率选择器, 操作用于根据导出的信道度量确定用于数据传输初始速率, 并且基于更新的信道度量确定一新速率。

29. 如权利要求 28 所述的接收机单元, 还包括 :

解码器, 操作用于提供数据传输性能的状态, 以及

其中速率选择器基于更新的信道度量确定一新速率进一步包括: 基于更新的信道度量以及来自解码器的状态来调整速率。

30. 如权利要求 28 所述的接收机单元, 其特征在于, 信道估计器还操作用于导出和提供至少一个具有第一类型的信道度量, 且与通信信道的信号对噪声加干扰比 SINR 有关。

31. 如权利要求 28 所述的接收机单元, 其特征在于, 信道估计器还操作用于导出和提供至少一个具有第二类型的信道度量, 且与通信信道的频率选择性有关。

32. 如权利要求 28 所述的接收机单元, 其特征在于, 信道估计器还操作用于导出和提供至少一个具有第三类型的信道度量, 且与通信信道的时间选择性有关。

33. 如权利要求 28 所述的接收机单元, 其特征在于, 还包括 :

解码器, 操作用于提供数据传输性能的状态,

其中所述性能的状态被用于确定是否调整速率。

34. 无线通信系统中一种接收机装置, 包括 :

用于导出多个信道度量的装置, 这些度量具有多种类型并且指示了用于数据传输的多个通信信道的多个特性, 其中至少一个信道度量与估计的相干带宽有关, 所述相干带宽通过估计通信信道的信道传递函数、基于估计的信道传递函数估计通信信道的频率相关函数、再基于估计的频率相关函数得到;

用于基于获得的信道度量确定用于多个通信信道的至少一部分的数据传输的初始速率的装置;

用于在数据传输期间更新信道度量的装置; 以及

用于基于更新的信道度量来确定一新速率的装置。

35. 无线通信系统中一种发射机装置, 包括 :

控制器, 操作用于接收基于多个信道度量确定的数据传输初始速率的指示, 所述度量具有多种类型并且指示了用于数据传输的多个通信信道的多个特性, 以及接收基于通信信道的更新信道度量确定的数据传输更新速率的指示, 其中至少一个信道度量与估计的相干带宽有关, 所述相干带宽通过估计通信信道的信道传递函数、基于估计的信道传递函数估计通信信道的频率相关函数、再基于估计的频率相关函数得到;

编码器, 操作用于基于来自控制器的速率所指示的编码方案对数据编码; 以及

调制器,操作用于基于来自控制器的速率所指示的调制方案对数据调制。

36. 无线通信系统中一种发射机装置,包括:

用于接收基于多个信道度量确定的数据传输初始速率的指示的装置,所述度量具有多种类型并且指示了用于数据传输的多个通信信道的多个特性,其中至少一个信道度量与估计的相干带宽有关,所述相干带宽通过估计通信信道的信道传递函数、基于估计的信道传递函数估计通信信道的频率相关函数、再基于估计的频率相关函数得到;

用于按照多个通信信道的至少一部分的初始速率表示的初始编码和调制方案对数据编码和调制的装置;

用于接收基于通信信道的更新信道度量确定的数据传输更新速率的指示的装置;以及用于按照更新速率所指示的更新的编码和调制方案对数据编码和调制的装置。

OFDM 通信系统的自适应速率控制

[0001] 背景

[0002] 领域

[0003] 本发明一般涉及数字通信，尤其涉及无线（如 OFDM）通信系统的自适应速率控制技术。

[0004] 背景

[0005] 无线通信系统被广泛应用于提供各种类型的通信如语音、数据等等。这些系统可以基于码分多址 (CDMA)、时分多址 (TDMA)、频分多址 (FDMA) 或一些其它多址接入技术。一些系统也可以实现正交频分调制 (OFDM)，OFDM 能够为一些信道环境提供高性能。

[0006] 在 OFDM 系统中，系统带宽被有效地分为几个 (N_F) 子带（可以称为频率区段或子信道）。每个频率子信道都分别与一个子载波相关，因此可以被看作独立的“传输信道”，其中数据被调制在子载波上。通常，将被发送的数据（即信息比特）使用某个特定的编码方案编码以产生编码比特，此编码比特再被分组成非二进制的码元，然后这些码元被按照某种调制方案（如 QPSK、QAM、或一些其他方案）映射成调制码元。在取决于每个频率子信道带宽的每个时间间隔，调制码元可以在 N_F 个频率子信道的每个上被发送。

[0007] OFDM 系统的频率子信道可能经历不同的信道条件（如不同的衰落和多径效应），而且可以获得不同的信号对信噪加干扰比 (SINR)。结果，对于某性能水平，每个频率子信道上发送的每个调制码元的信息比特数（即数据率），在子信道之间不同。而且，通常信道条件随时间变化。结果，频率子信道支持的数据速率也随时间变化。

[0008] 编码 OFDM 系统中的一个关键难点是根据信道条件选择适当的“速率”用于数据传输。这通常包括选择特定的数据速率、编码方案（或码率）、以及调制方案。速率选择的目标是最大化吞吐量，同时满足质量目标，通过特定帧差错率 (FER)、一定的等待延迟准则等等对质量目标定量化。

[0009] 一种用于选择速率的直接技术是按照传输容量“比特装载”每个频率子信道，通过子信道的短期平均 SINR 定量化传输容量。然而，此技术具有几个主要缺点。第一，对每个频率子信道单独编码很大地提高了发射机和接收机的处理复杂度。第二，对每个频率子信道单独编码很大地提高了编码和解码延迟。第三，需要高反馈率来发送指示每个频率子信道的信道条件（如增益、相位和 SINR 或每个频率子信道的速率）的信道状态信息 (CSI)。需要自接收机的反馈，以使发射机在一个接一个子信道的基础上正确编码和调制数据。

[0010] 频率子信道的不同传输容量加上通信信道的时变特性使得 OFDM 系统中对传输数据有效编码和调制变得困难。因此本领域需要技术用于在 OFDM 通信系统中自适应控制数据传输的速率。

[0011] 摘要

[0012] 本发明的一些方面提供了用于在无线（如 OFDM）通信系统中自适应控制数据传输速率的技术。一方面，可导出各种类型的度量，并用于选择数据传输的正确速率。此速率可以表示某个数据速率、编码方案、以及用于数据传输的调制方案。

[0013] 一些类型的度量涉及通信信道的不同特性，如 SINR、频率选择性、时间选择性等

等。每个信道特性可以由一个或多个不同的信道度量来定量化。例如，检测前 SINR 和检测后 SINR 可以用于定量化 SINR，延迟扩展和相干带宽可应用定量化频率选择性，以及相干时间和多普勒扩展可用于定量化时间选择性。一种类型的度量涉及数据传输的性能。可以通过帧差错率 (FER) 和一些其他译码器度量定量化性能。

[0014] 另一方面，各种类型的度量可以以不同的方式用于自适应控制数据传输速率。特别地，一些度量可以用于开环控制数据传输速率，其他度量可以用于闭环控制，以及一些度量可用于开环控制和闭环控制两者。例如，SINR、频率选择性和 / 或时间选择性的信道度量可以用于确定或选择数据传输的初始速率。其后，根据一个或多个性能度量调整此速率。如果对速率的调整是期望的或被视为需要的，则根据信道度量（可以被连续或周期性地更新）以及可能还根据信道度量一个新速率可以被确定或选择。

[0015] 下面进一步详细描述本发明的各个方面和实施例。本发明还提供方法、接收机单元、发射机单元、接收机系统、发射机系统、系统以及实现本发明的各个方面、实施例和特性的其他装置和元件，如下面进一步详细描述的。

[0016] 附图的简要描述

[0017] 通过下面提出的结合附图的详细描述，本发明的特征、性质和优点将变得更加明显，附图中相同的元件具有相同的标识，其中：

[0018] 图 1 是无线（如 OFDM）通信系统的简化模型的图表；

[0019] 图 2 是用于自适应控制数据传输速率的实施例流程图；

[0020] 图 3 是能够实现本发明的各个方面和实施例的发射机和接收机系统的实施例的简化框图；

[0021] 图 4A 和 4B 是发射机系统内发射机单元的两个实施例的框图；

[0022] 图 5 是接收机系统内接收机单元的一个实施例的框图。

[0023] 优选实施例的详细描述

[0024] 这里描述的用于自适应控制数据传输速率的技术可以用于各种通信系统。为了说明清楚，描述了专用于 OFDM 系统的本发明的各个方面和实施例。

[0025] 图 1 是无线（如 OFDM）通信系统的简化模型的图表。在发射机 10 处，话务数据以某个数据速率从数据源 112 被提供给编码器 / 调制器 114,114 根据某个编码和调制方案对数据编码和调制。在一实施例中，数据速率通过数据速率控制被确定，编码和调制方案通过编码 / 调制控制被确定，它们两者由控制器 120 根据从接收机 150 接收的速率而提供。

[0026] 导频也可以被发送至接收机以协助接收机执行一些功能如捕获、频率和定时同步、信道估计、数据传输的相干解调等等。这样，导频数据被提供给编码器 / 解码器 114,114 再将导频数据和话务数据多路复用和处理。调制数据进一步被处理（为了简化图 1 中未示出），以产生调制信号，接着在通信信道上将此调制信号发送至接收机。

[0027] 在接收机 150 处，调制信号被接收、调节、以及数字化，以提供数据采样。信道估计器 162 接收和处理数据采样，以提供指示通信信道的各个特性的各种类型的度量。下面进一步详细描述此各种类型的信道度量。解调器 / 解码器 164 也接收和处理数据采样以提供解码数据，并且还提供一个或多个表示接收数据解码结果的性能度量。

[0028] 速率选择器 166 从信道估计器 162 接收信道度量，从解调器 / 解码器 164 接收性能度量，并且根据接收的度量确定可以用于数据传输可用的传输信道的全部或一个子集（如

OFDM 系统的频率子信道) 的适当“速率”。速率指示了一组传输参数的一组特定值。例如，速率可以指示(或可以被映射至)用于数据传输的特定数据速率、特定编码方案或码率、特定调制方案等等。

[0029] 在图 1 所示的实施例中，速率选择由接收机 150 实现，选择的速率被提供至发射机 110。在其他实施例中，速率选择可以由发射机根据接收机提供的控制信息来实现，或者可以由发射机和接收机联合实现。

[0030] 通信信道的降级且进一步使从发射机至接收机传输的调制信号失真。为了获得高性能，数据传输应该与信道的传输容量匹配。可以通过估计信道的各种特性并基于估计的信道条件选择数据传输的适当速率来达到这点。

[0031] 按照本发明的一个方面，各种类型的度量可以被导出，并用于选择数据传输的适当速率。一些类型的度量涉及通信信道的不同特性，如 SINR、频率选择性、时间选择性以及其他可能的特性。一种类型的度量涉及数据传输的性能。各种度量可以被分类如下：

[0032] 信号对噪声加干扰比 (SINR) - 表示信号功率对噪声和干扰功率之比，它确定了接收者正确检测发送数据的能力；

[0033] 频率选择性 - 表示传输信道的频率选择性，可以被看作作为频率的函数的信道损失；

[0034] 时间选择性 - 指示了通信信道的时间特性，可以通过其上信道不明显变化的时间间隔来定量化；以及

[0035] 性能 - 指示了数据传输实际达到的性能，可以由特定的帧差错率 (FER)、分组差错率 (PER)、比特差错率 (BER)、或者一些其它测量或准则来定量化。

[0036] 每个信道特性(如 SINR、频率选择性和时间选择性)可以通过各种度量来定量化，如下面进一步详细描述的。多种度量也可以用于定量化性能。

[0037] 上面列举的四种不同类型的度量代表四种不同类型的信道状态信息 (CSI)。其它类型信道状态信息的其他类型度量准则也可以用于速率选择，而且这在本发明的范围内。

[0038] 基于 SINR 的度量

[0039] SINR 可以在接收机处被确定，每组传输信道(如频率子信道)被独立处理(如编码和调制)。例如，如果单独的编码和调制方案用于 OFDM 系统中所有可用的频率子信道，则整个 SINR 可以被确定为在接收机处整个接收信号功率(即，所有频率子信道上的功率和)与整个噪声功率的比。SINR 可以在接收机处沿信号处理路径的各个点上被确定。下面描述一些不同的 SINR。

[0040] 检测前 SINR 代表在接收机输入处整个接收信号功率与噪声加干扰的比。检测前 SINR 通常在已经被调节(如滤波、放大和下变频)和数字化之后且在进行任何均衡(下述)之前的接收信号上被测量。检测前 SINR 可以根据随数据发送的导频、或数据本身、或它们的组合来估计。

[0041] 检测后 SINR 代表接收机处定量化后的整个信号功率对噪声加干扰之比。使用均衡的单载波系统内可达到的检测后 SINR 的理论值可以指示出编码 OFDM 系统的性能，因此对于 OFDM 系统内的速率控制目的有帮助。各种类型的均衡器可以用于处理单载波通信系统内的接收信号，以补偿通信信道引入的接收信号内的失真。这种均衡器可以包括如，最小均方误差线性均衡器 (MMSE-LE)、判决反馈均衡器 (DFE) 以及其他。

[0042] (无限长度) MMSE-LE 的检测后 SINR 可以表示如下：

$$[0043] \gamma_{mmse-le} = \frac{1 - J_{\min}}{J_{\min}},$$

[0044] 公式 (1a)

[0045] 其中 J_{\min} 被给出：

$$[0046] J_{\min} = \frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} \frac{N_0}{X(e^{j\omega T}) + N_0} d\omega, \text{公式 (1b)}$$

[0047] 其中 $X(e^{j\omega T})$ 是信道传递函数的折叠频谱, N_0 是信道热噪声, 以及 T 是采样间隔。信道传递函数代表发射机和接收机之间的在信道频率上的响应(如增益和相位)。

[0048] (无限长度) DFE 的后检测 SINR 可以表示为：

$$[0049] \gamma_{dfc} = \exp \left[\frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} \ln \left(\frac{X(e^{j\omega T}) + N_0}{N_0} \right) d\omega \right] - 1 \text{ 公式 (2)}$$

[0050] 等式 (1) 和 (2) 中示出的 MMSE-LE 和 DFE 的检测后 SINR 代表理论值。在 J.G. Proakis 所著、标题为“Digital Communications”、McGraw 编辑、1995 年出版的第三版书中部分 10-2-2 和 10-3-2 中分别进一步详细描述了 MMSE-LE 和 DFE 的检测后 SINR, 上述部分通过引用被结合于此。

[0051] MMSE-LE 的检测后 SINR 和 DFE 可以在接收机以某一方式被估计, 此方式被描述于专利申请号为 09/826,481 和 09/956,449、标题同为“Method and Apparatus for Utilizing Channel State Information in a Wireless Communication System”、分别提出于 2001 年 3 月 23 日和 2001 年 9 月 18 日的美国专利中, 以及专利申请号为 09/854,235、标题为“Method and Apparatus for Processing Data in a Multiple-InputMultiple-Output (MIMO) Communication System Utilizing Channel State Information”、提出于 2001 年 5 月 11 日的美国专利中, 这些申请被授权于本发明的受益人, 并且通过引用结合于此。

[0052] 其他用于在接收机处估计 SINR 的技术被描述于专利号为 5,799,005、标题为“System and Method for Determining Received Pilot Power and Path Loss in a CDMA Communication System”、发表于 1998 年 8 月 25 日的美国专利, 专利号为 5,903,554、标题为“Method and Apparatus for Measuring Link Quality in a Spread Spectrum Communication System”、发表于 1999 年 5 月 11 日的美国专利, 专利号为 5,056,109 和 5,265,119、标题同为“Method and Apparatus for Controlling Transmission Power in a CDMA Cellular Mobile Telephone System”、分别发表于 1991 年 10 月 8 日和 1993 年 11 月 23 日的美国专利, 以及专利号为 6,097,972、标题为“Method and Apparatus for Processing Power Control Signals in CDMA Mobile Telephone System”、发表于 2000 年 8 月 1 日的美国专利中, 上述所有专利通过引用被结合于此。

[0053] 与频率选择性相关的度量 (FS 度量)

[0054] 通信信道的频率选择性可以由频率传递函数表征。频率选择性也可以由时域的延迟扩展或在频域的相应相干带宽被定量化。延迟扩展指示了时间色散信道中最早到达路径和最晚到达路径之间的延迟差值。相干带宽与延迟扩展反向相关, 表示(且正比于)作为频率的函数的信道传递函数的变化率。越大的延迟扩展对应于越小的相干带宽。

[0055] 延迟扩展是功率延迟特性曲线的宽度测量, 也被称为延迟功率密度谱。功率延迟

特性曲线 $P(\tau)$ 是作为相对延迟的函数的信道冲击响应中的功率, 可以表示为 :

$$[0056] \quad P(\tau) = E[|h(\tau, t)|^2], \text{公式 (3)}$$

[0057] 其中 $h(\tau, t)$ 是时变信道冲击响应, E 是求期望的操作, 以及 τ 代表相对延迟。RMS(均方根) 延迟扩展 P_{RMS} 是延迟扩展的一可能的测量, 可以表示为 :

$$[0058] \quad P_{\text{RMS}} = \left[\frac{\int (\tau - \mu_{\tau})^2 P(\tau) d\tau}{\int P(\tau) d\tau} \right]^{1/2}, \text{公式 (4)}$$

[0059] 其中 μ_{τ} 是 $P(\tau)$ 的一阶矩。延迟扩展的其他可能测量包括延迟间隔 $(\tau_{\max} - \tau_{\min})$, 其中 τ_{\max} 是 $P(\tau)$ 大于某个门限 T 时 τ 的最大值, τ_{\min} 是 $P(\tau)$ 大于某个门限 T 时 τ 的最小值。此门限可以被选择, 使得 $P(\tau)$ 中整个功率的某部分包括在延迟间隔 $(\tau_{\max} - \tau_{\min})$ 中。

[0060] 延迟功率密度谱和延迟扩展还被进一步详细描述于 P. A. Bello 所著、标题为 “Characterization of Randomly Time-Variant Linear Channels”, 1963 年 12 月的 IEEE Trans. Communications 第 CS-11 卷中 360–393 页的论文, 此论文通过引用被结合于此。

[0061] 相干带宽是频率相关函数 $Q(\Delta f)$ 的带宽测量, 可以表示为 :

$$[0062] \quad Q(\Delta f) = E[H^*(f, t)H(f + \Delta f, t)] \text{公式 (5)}$$

[0063] 其中 $H(f, t)$ 是时变信道传递函数, 是时变信道冲击响应 $h(\tau, t)$ 的频域表示。

[0064] 时变信道传递函数 $H(f, t)$ 可以被获得作为时变信道冲击响应 $h(\tau, t)$ 的付里叶变换 (在延时维内), 如下 :

$$[0065] \quad H(f, t) = \int h(\tau, t) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \quad \text{公式 (6)}$$

[0066] 作为等式 (6) 的结果, 频率相关函数 $Q(\Delta f)$ 可以作为功率延迟幅度 $P(\tau)$ 的付里叶变换被导出, 如下 :

$$[0067] \quad Q(\Delta f) = \int P(\tau) e^{-j2\pi \Delta f \tau} d\tau \quad \text{公式 (7)}$$

[0068] 相干带宽的可能测量包括 RMS 相干带宽 (可以以模拟的方式被定义为 RMS 延迟扩展) 或包括综合频率相关函数的某百分数的频率间隔 (可以模拟地被定义为上面用于描述延迟扩展的延迟间隔 $(\tau_{\max} - \tau_{\min})$)。

[0069] 由于功率延时幅度 $P(\tau)$ 与频率相关函数 $Q(\Delta f)$ 之间的付里叶变换关系, 延迟扩展和相干带宽基本上描述通信信道内的延迟色散现象的不同方式。事实上, 功率延迟特性曲线和频率相关函数具有彼此互逆的关系。

[0070] 在 OFDM 系统中, 频率相关函数 $Q(\Delta f)$ 通常更容易被测量, 因为频率子信道的信息可供利用。因此, 相干带宽是更合适的参数, 用于规定通信信道中延迟扩展程度和速率选择。小的相干带宽值 (相对于信号带宽) 表示在信号带宽上存在多个独立的衰落事件, 而大的相干带宽值 (相对于信号带宽) 表示在信号带宽上的平滑衰落 (即, 所有的频率子信道一起衰落)。相干带宽和实际性能之间的关系通常取决于编码和交织器设计细节, 对于特定编码和交织器设计可以按照经验确定它们的关系。

[0071] 对于不同类型的系统, 可以以不同的方式获得相干带宽的估计。在频分双工 (FDD) 系统中, 下行链路和上行链路被分配给两个不同的频带, 此两频带通常与不同的信道响应相关联。结果, 每个下行链路和上行链路上的通信信道由在那个信道上的 (例导频) 传输来表征。在时分双工 (TDD) 系统中, 下行链路和上行链路以时分多路复用 (TDM) 的方式共

享同样的频带。结果,下行链路和上行链路的通信信道基本相同,任何不同主要都是由链路两端的调制解调器内的发送和接收电子设备不同引起的,也由信道的时间特性(即,分配给下行链路和上行链路传输的时间之间信道条件的变化)引起。

[0072] 为了估计 FDD 系统中通信信道的相干带宽,发射机发送一导频。在 OFDM 系统中,包括每个可用频率子信道内为常数幅度音调的导频码元被发送。对于 OFDM,发射机计算导频码元的付里叶反变换以形成导频的 OFDM 码元,将循环前缀加到 OFDM 码元以形成传输码元,实现传输码元的数模(D/A)变换,以及上变频和发送此码元。接收机对接收信号采样,除去恢复的传输码元内的循环前缀,以及计算恢复的 OFDM 码元的 FFT。从 FFT 操作恢复的导频码元产生频域采样信道传递函数 $\hat{H}(k/T)$ 经标度变换估计,其中 T 是采样间隔,k 是频率区段或子频带的索引。

[0073] 在时分双工的系统中,发射机可以基于其对通信信道的估计作出速率判决,而通信信道的估计是根据数据将被发送至的接收者接收机所发送的导频码元获得的。这样,信道传递函数可以如上面对 FDD 系统的描述那样被估计,除了接收机发送导频码元(非发射机),而且发射机接收导频且使用它形成信道估计。由于发射机在同样的频带(导频码元也是通过此频带被接收)上发送,发送信道传递函数 $\hat{H}_{tx}(k/T)$ 基本与接收信道传递函数 $\hat{H}_{rx}(k/T)$ 相同(即 $\hat{H}_{tx}(k/T) \cong \hat{H}_{rx}(k/T)$)。

[0074] 频率相关函数的估计 $\hat{Q}(\lambda/T)$ 可以表示为:

$$[0075] \hat{Q}(\lambda/T) = \frac{1}{N-\lambda} \sum_{k=0}^{N-1-\lambda} \hat{H}^*(k/T) \hat{H}((k+\lambda)/T) \text{ 公式 (8)}$$

[0076] 其中 N 是 FFT 的维数,λ 代表频率 Δ(即,Δ f 的不同量化值)。频率相关函数的此估计还可以在多个导频码元上被平均(指数意义上),如下:

$$[0077] \tilde{Q}_n(\lambda/T) = \alpha \cdot \tilde{Q}_{n-1}(\lambda/T) + (1-\alpha) \cdot \hat{Q}_{n-1}(\lambda/T) \text{ 公式 (9)}$$

[0078] 其中 α 是为指数平均确定时间常数的因子,n 是导频码元周期的索引。

[0079] 然后,可以通过测量估计的频率相关函数 $\hat{Q}(\lambda/T)$ 的宽度来估计相干带宽。特别地,估计的相干带宽 BW_c ,可以表示如下:

$$[0080] BW_c = \frac{L_c + 1}{T} \text{ 公式 (10)}$$

[0081] 其中 L_c 是 $|\hat{Q}_n(\lambda/T)| \leq \beta |\hat{Q}_n(0)|$ 的 λ 值,β 是 0 到 1 之间的门限值,T 是采样间隔。

[0082] 对于 OFDM 系统,较小的相干带宽(即较大的延迟扩展)表示在频域出现多个零点的可能性增大。每个零点对应于信道响应大量衰减的频率区域。通过在传输前正确地对数据编码和交织,频率零点造成的信号降级可以通过在发送数据中引入冗余来消除。然而,当频率零点数增加时,编码和交织变得更加困难,而且其他技术可以用于消除这些零点。

[0083] 与时间选择性相关的度量(TS 度量)

[0084] 通信信道的时间选择性可以用时域内的相干时间量化,或由频域内相应的多普勒扩展来量化。相干时间是对其上信道不明显变化的持续期的测量。在频域,这可以用与信道相关的多普勒频谱来测量,多普勒频谱的宽度与信道相干时间成反比。

[0085] 相干时间是信道的时间相关函数 C(Δ t) 的宽度的测量,可以表示为:

[0086] $C(\Delta t) = E[H^*(f, t)H(f, t + \Delta t)]$, 公式 (11)

[0087] 其中 $H(f, t)$ 是时变信道传递函数, 上面有描述。

[0088] 多普勒扩展是信道的时变性引起的频域内的色散的一种测量。多普勒频谱 $D(v)$ 可以表示为 :

[0089] $D(v) = E[\hat{H}^*(f, v)\hat{H}(f, v)]$, 公式 (12)

[0090] 其中 $\hat{H}(f, v)$ 是多普勒扩展函数, 为时变信道传递函数 $H(f, t)$ 的付里叶变换 (以时间变量), 可以表示为 :

[0091]

$$\hat{H}(f, v) = \int H(f, t)e^{-j2\pi vt} dt$$

[0092] 由于多普勒扩展函数 $\hat{H}(f, v)$ 与时变信道传递函数 $H(f, t)$ 之间的付里叶变换关系, 多普勒频谱 $D(v)$ 是时间相关函数 $C(\Delta t)$ 的付里叶变换, 可以表示如下 :

[0093] $D(v) = \int C(\Delta t) e^{-j2\pi v \Delta t} d\Delta t$, 公式 (13)

[0094] 由于多普勒频谱 $D(v)$ 与时间相关函数 $C(\Delta t)$ 之间的付里叶变换关系, 多普勒扩展与相干时间成反比。

[0095] RMS 多普勒扩展可以以与 RMS 延迟扩展相似的方式被定义, 如下 :

[0096] $D_{RMS} = \left[\frac{\int (v - \mu_v)^2 D(v) dv}{\int D(v) dv} \right]^{1/2}$, 公式 (14)

[0097] 其中 μ_v 是多普勒频率的一阶矩。

[0098] 为了估计频分双工系统中通信信道的相干时间, 发射机发送一导频 (如导频码元包括每个可用频率子信道内为常数的幅度音调)。发射机计算导频码元的付里叶反变换, 加循环前缀, 在结果上实现 D/A 变换, 以及上变频和发送此码元。接收机对接收信号采样, 除去循环前缀, 以及计算结果的 FFT。这样对于导频码元 n 产生产生频域采样信道传递函数 $\hat{H}(k/T, n)$ 的经标度变换的估计。

[0099] 在时分双工的系统中, 发射机可以基于通信信道的估计作出速率判决, 而通信信道的估计是根据数据将被发送至的接收者接收机所发送的导频码元导出的, 如上所述。

[0100] 导频码元 n 的时间相关函数的估计 $\hat{C}(\lambda, n)$, 可以表示为 :

[0101] $\hat{C}(\lambda, n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \hat{H}^*(k/T, n - \lambda) \hat{H}(k/T, n)$, 公式 (15)

[0102] 其中 N 是 FFT 的维数, λ 代表时间 Δ (即, Δt 的不同量化值)。为了对于 $(L+1)$ 个不同的滞后 Δt 值计算等式 (15) 中示出的时间相关函数估计, L 个导频码元的 FFT 相干值被存储, 以后按照需要被检索。

[0103] 然后, 根据估计的相关函数 $\hat{C}(\lambda, n)$, 估计此信道相干时间。特别地, 估计的相干时间 T_c 可以表示为 :

[0104] $T_c = L_c T_p$, 公式 (16)

[0105] 其中 L_c 是 $|\hat{C}(\lambda/T, n)| \leq \rho |\hat{C}(0, n)|$ 的 λ 值, ρ 是 0 到 1 之间的门限值, T_p 是导频码元间的间隔。

[0106] 对于 OFDM 系统,如果幅度与交织器块大小或代码存储器(如块长度或代码限制长度)同数量级,则信道相干时间可以影响编码选择。从而,某个将被使用的编码方案可以部分根据估计的信道相干时间被选择。

[0107] 性能度量

[0108] 性能度量可指示接收数据的解码结果。一些性能度量包括 FER、PER、BER 等等。

[0109] 不同类型的解码器还可以表示解码结果中置信度的其他度量。例如,与卷积解码器相关的度量(如维特比解码器)可以包括再编码码元差错率(SER)、再编码功率度量、“修改的”雅马哈度量等等。与 Turbo 解码器相关联的度量可以包括再编码 SER、再编码功率度量、解码帧的比特中的最小或平均(对数)似然比、宣布解码帧之前的迭代数等等。这些度量被进一步详细描述于专利申请号为[Attorney Docket No. 104-36]、标题为“Method and Apparatus for Adjusting Power Control Setpoint in a Wireless Communication System”、2001 年 3 月 15 日提交的美国专利申请中,此申请被授权于本发明的受益人,并且通过引用被结合于此。其他度量也可以被使用,并且在本发明的范围内。

[0110] 自适应速率控制

[0111] 按照本发明的另一方面,可以以不同方式使用多种类型的度量,以自适应控制数据传输的速率。特别地,一些度量可以用于开环控制数据传输的速率,其他度量可以用于闭环控制,以及一些度量可以用于开环控制和闭环控制两者。

[0112] 图 2 是用于自适应控制数据传输速率的过程 200 的实施例流程图。在步骤 212,发射机(例如周期性地)发送导频码元,此导频码元可以用于接收机处的各种功能,包括信道估计。在步骤 214,接收机当闲置时监视(即接收和处理)发送的导频码元并且导出各种类型的信道度量。信道度量可以在进行基础上导出、或在请求数据传输前导出、或在被通知数据传输到来之后导出、或根据某个事件或条件导出。此信道度量包括涉及 SINR、频率选择性、和 / 或时间选择性的度量,如上所述。例如,对于接收的导频码元检测前 SINR 可以被估计,对于信道的频率选择性信道相干带宽(或延迟扩展)可以被估计,以及对于信道的时间选择性信道相干时间(多普勒扩展)可以被估计。

[0113] 在开始数据传输之前,步骤 216 中接收机向发射机提供开环控制信息。开环控制信息可以通过握手(或信令)在信令信道上被交换。

[0114] 在一实施例中,开环控制信息包括信道度量(如,以度量的“原始”值得形式),此度量在接收机端被确定。在另一实施例中,开环控制信息包括在接收机端根据作为输入参数的信道度量确定的初始速率。两种情况下,速率选择(发射机处或接收机处)都根据多维查找表或通过其他方式被实现。例如,三维的查找表可以被用于三个输入参数(如估计的 SINR、信道相干带宽 BW_c 以及信道相干时间 TC)映射至一个速率的情况。信道度量和速率之间的映射可以通过各种方式被确定,如经验测量、计算机仿真等等。

[0115] 一旦初始速率根据开环信息被选择或确定,则在步骤 218 发射机开始以选择的速率发送数据。在步骤 222,接收机接收和解码发送的数据,并且监视数据传输的性能(如帧差错率)。在步骤 230,接收机可以根据观察的帧差错率和可能的信道度量更新速率。下面描述步骤 230 的实施例(可以由接收机或发射机或两者实现)。

[0116] 在一实施例中,只要没有帧差错发生,如步骤 232 中所确定,则在步骤 234 中接收机或发射机基于开环控制信息确定(新)速率。如果新速率表示速率增大,则产生速率增

大请求。如果新速率不表示速率增大，但是数据传输再某个时间期间上保持无差错，则仍产生速率增大请求。其他准则也可以被应用于开环控制信息，以确定在无差错情况下的新速率。

[0117] 在一实施例中，如果帧差错率保持低，如步骤 242 中所确定，则在步骤 244 中速率被维持（即保持不变）且不产生速率增大或减小请求。如果帧差错率降低至某个特定范围（如 0.01% 到 1%），则它被认为低。如果帧差错率继续降至低于此范围的较低边界（低于 0.01%），则此信道被认为无差错，然后应用这种情况的速率选择方案。

[0118] 在一实施例中，如果帧差错率高，如步骤 252 所确定，则在步骤 254 中产生速率减小请求。如果帧差错率超过规定范围的上边界（高于 1%），则帧差错率被认为高，新速率可以根据开环控制信息被确定。如果新速率大于或等于当前速率，则仍然发送速率减小请求。如果新速率小于当前速率，则速率减小请求使用该新速率。

[0119] 对于所有的情况，如果数据传输要继续，如步骤 260 所确定，则在步骤 262 中发射机根据更新的速率（可以与原先的速率相同，或比原先的速率大或小）调整数据传输。否则，如果没有更多的数据要传输，则此过程终止。

[0120] 信道度量可以在数据传输期间被周期性地更新（例如，随着导频码元被接收）。这样，新速率可以根据最近更新的信道状态信息被确定。

[0121] 框 210 一般包括执行开环控制数据传输速率的步骤，而步骤 220 一般包括执行闭环控制速率的步骤。闭环控制还可以被认为包括开环控制的一些元件，因为接收机（连续地或周期性地）接收和处理导频码元，导出信道度量，以及（部分地）根据更新的信道度量（为了简便在图 2 中未示出）确定新速率。

[0122] 如上面提到的，信道响应中的零点降级发送信号，并且增加数据在接收机处非零差错地解码的概率。在一实施例中，根据信道响应，可用频率子信道的所有或仅一子集被选择使用。例如根据估计的信道相干带宽 BW_c 确定使用频率子信道的全部或子集。如果估计的相干带宽表示信道内多个零点的高概率，则可以将具有低于某个选择门限的增益或 SINR 的频率子信道从数据传输的使用中排除。

[0123] 一种用于确定选择门限和用于选择使用的传输信道的方案被描述于专利申请号为 09/860,274 提交于 2001 年 5 月 17 日、专利申请号为 09/881,610 提交于 2001 年 7 月 14 日、专利申请号为 09/892,345 提交于 2001 年 7 月 26 日，标题同为“Method and Apparatus for Processing Data for Transmission in a Multi-Channel Communication System Using Selective Channel Inversion”的美国专利申请中，此申请被授权于本发明的受益人，并且通过引用被结合于此。

[0124] 示例 OFDM 系统

[0125] 图 3 是发射机系统 110a 和接收机系统 150a 的实施例简化框图，它们可以实现本发明的各个方面和实施例。

[0126] 在接收机系统 110a 处，话务数据以特定的数据速率从数据源 308 被提供至发射（TX）数据处理器 310，数据处理器 310 根据特定编码方案格式化、交织和编码话务数据，以提供编码数据。数据速率和编码及交织可以分别由控制器 330 提供的数据速率控制和编码控制来确定。交织为编码比特提供时间分集，允许数据根据用于数据传输的频率子信道的平均 SINR 被发送，对抗衰落，以及进一步除去用于形成每个调制码元的编码比特之间的相

关性。如果编码比特在多个频率子信道上被发送，则此交织还可以提供频率分集。

[0127] 然后，编码数据被提供至调制器 320，调制器 320 也可以接收导频数据（例如，已知模式的以及以已知方式被处理的数据，如果存在这样的数据）。导频数据可以与编码话务数据多路复用，如使用时分复用（TDM）或码分复用（CDM）在用于发送话务数据的频率子信道的全部或一个子集中多路复用。在一个特定实施例中，对于 OFDM 系统，调制器 320 处理包括（1）使用特定的调制方案调制接收的数据，（2）变换调制数据以形成 OFDM 码元，以及（3）将循环前缀附在每个 OFDM 码元上以形成相应的传输码元。根据由控制器 330 提供的调制控制实现此调制。下面详细描述调制器 320 的处理。然后，调制数据（即传输码元）被提供至发射机（TMTR）322。

[0128] 发射机 322 将调制数据转化为一个或多个模拟信号并且进一步调节（如，放大、滤波和正交调制）此模拟信号以产生适合在传输信道上传输的调制信号。接着，调制信号通过天线 324 被发送至接收机系统。

[0129] 在接收机系统 150a 处，发送的调制信号由天线 352 接收，并且被提供至接收机（RCVR）354。接收机 354 调节（如，滤波、放大以及下变频）此接收信号并且数字化经调节的信号以提供数据采样。然后，解调器（Demod）360 接收和处理数据采样以提供解调数据。对于 OFDM 系统，解调器 360 的处理可以包括：（1）移去每个经恢复的传输码元内的循环前缀，（2）变换每个经恢复的 OFDM 码元，以及（3）按照与发射机系统使用的调制方案互补的解调方案解调经恢复的调制码元。下面详细描述解调器 360 的处理。

[0130] 接着，接收（RX）数据处理器 362 对解调数据解码，以恢复发送的话务数据。解调器 360 和 RX 数据处理器 362 的处理分别与发射机系统 110a 处的调制器 320 和 TX 数据处理器 310 的处理互补。

[0131] 如图 3 所示，解调器 360 可以导出各种类型的信道度量，并提供这些至控制器 370。RX 数据处理器 362 也可以导出并提供每个接收帧的状态和 / 或表示解码结果的一个或多个其它性能度量。基于各种类型的度量，控制器 370 可以确定或选择用于数据传输的新速率。以选择的速率（如图 3 中所示）形式的控制信息或度量本身可以由控制器 370 提供，由 TX 数据处理器 378 处理、由调制器 380 调制，以及由发射机 354 调节并且返回到发射机系统 110a。

[0132] 在发射机系统 110a 处，来自接收机系统 150a 的调制信号由天线 324 接收、由接收机 322 调节，并且由解调器 340 解调，以恢复由接收机系统发送的控制信息。控制信息（如，选择的速率）接着被提供给控制器，并且被使用以产生数据速率、编码以及调制控制，用于数据传输。

[0133] 控制器 330 和 370 分别指引发射机系统和接收机系统处的操作。存储器 332 和 372 分别提供程序代码的存储和由控制器 330 和 370 所使用的数据。

[0134] 图 4A 是发射机单元 400a 的框图，此发射机单元是发射机系统 110a 的发射机部分的实施例。发射机单元 400a 包括（1）TX 数据处理器 310，它接收和处理话务数据以提供编码数据以及（2）调制器 320a，它调制编码的话务数据和导频数据以提供调制数据。TX 数据处理器 310a 和调制器 320a 分别是图 3 中 TX 数据处理器 310 和调制器 320 的一实施例。

[0135] 在图 4A 示出的特定实施例中，TX 数据处理器 310a 包括编码器 412 和交织器 414。编码器 412 按照特定的编码方案接收和编码话务数据，以提供编码比特。所选编码方案可

以包括下列编码的任何组合：循环冗余校验（CRC）、卷积编码、Turbo 编码、分组编码、以及其他编码或根本不编码。在一特定实施例中，话务数据可以被分成帧（或分组）。对于每个帧，数据可以用于产生一组 CRC 比特，这些比特附在数据上，然后这些数据和 CRC 比特被交织及使用卷积码或 Turbo 码编码以产生帧的编码数据。信道交织器 414 根据特定的交织方案将编码数据交织以提供分集。

[0136] 在图 4A 示出的特定实施例中，调制器 320a 包括码元映射单元 422、付里叶反变换器（IFFT）428、以及一个循环前缀生成器 430。码元映射单元 422 将多路复用的导频数据和编码话务数据映射至用于数据传输的一个或多个频率子信道的调制码元。此调制可以通过将接收比特集合分组以形成非二进制码元并将每个非二进制码元映射至对应于调制控制所确定的一特定的调制方案（如 QPSK、MPSK、M-QAM 或一些其他方案）的单个坐标中的点而实现。每个映射的信号点对应于一个调制码元。码元映射单元 422 接着提供每个传输码元周期的调制码元向量，每个向量中的调制码元数对应于选来用于那段传输码元周期的频率子信道数。

[0137] IFFT428 使用 IFFT 将每个调制码元向量转化为它的时域表示（称为 OFDM 码元）。IFFT428 可以被设计以在任何数目的频率子信道（如，8, 16, 32, ..., N_F, ...）上实现 IFFT。在一实施例中，对于每个 OFDM 码元，循环前缀生成器 430 重复 OFDM 码元的一部分以形成相应的传输码元。循环前缀确保了传输码元在存在多径延迟扩展时保持它的正交性，从而对抗有害的多径效果提高系统性能。来自循环前缀生成器 130 的传输码元接着被提供至发射机 322（见图 3），被处理（例如转化为模拟信号、调制、放大以及滤波）以产生调制信号，然后此调制信号从天线 324 被发送。

[0138] 图 4B 是发射机单元 400b 的框图，是发射机系统 110a 的发射机部分的另一实施例。如图 4B 中所示，发射机单元 400b 包括耦合至调制器 320b 的 TX 数据处理器 310b。调制器 320b 包括码元映射单元 422、码元加权单元 424、扩展器 426、IFFT428、以及循环前缀生成器 430。

[0139] 码元映射单元 422 将多路复用的导频数据和编码话务数据映射为调制码元。码元加权单元 424 根据各自的权值为每个所选频率子信道加权调制码元以提供加权的调制码元。每个所选频率子信道的权重可以如根据信道增益或 SINR 被确定。接着扩展器 426 在频域扩展加权的调制码元以提供扩展数据。例如，扩展可以用于较低速率（如小于 1bps/Hz）。接着，扩展数据被通过 IFFT428 被变换为 OFDM 码元，每个 OFDM 码元通过循环前缀生成器被附加循环前缀，以提供相应的传输码元。一个使用扩展的示例 OFDM 系统被描述于专利申请号为 [Attorney Docket No. PD010454]、标题为“Multiple-Access Hybrid OFDM-CDMASystem”、提交于 2001 年 10 月 18 日的美国专利申请中，此申请被转让给本发明的受让人，并且通过引用被结合于此。

[0140] 发射机单元的其他设计也可以被实现并且在本发明的范围内。例如，发射机单元可以被设计为具有这样的调制器：在调制器 320b 内具有除码元加权单元 424 之外的所有单元。实现编码器 412、信道交织器 414、码元映射单元 422、IFFT428、以及循环前缀生成器 430 在本领域内公知，在这里没有详细描述。

[0141] 对 OFDM 和其他系统的编码和调制被进一步详细描述于前面提到的专利号为 09/826, 481、09/956, 449 和 09/854, 235 的美国专利中，以及专利号为 09/776, 075、标题为

“Coding Scheme for a Wireless Communication System”、提交于2001年11月1日的美国专利中，上述专利被转让给本发明的受让人，并且通过引用被结合于此。

[0142] 示例 OFDM 系统被描述于专利号为 09/532,492、标题为“High Efficiency, High Performance Communication System Employing Multi-CarrierModulation”、提交于2000 年 3 月 30 日的美国专利中，该专利被转让给本发明的受让人，并且通过引用被结合于此。OFDM 还被描述于 John A. C. Bingham 所著、标题为“Multicarrier Modulation for Data Transmission :An IdeaWhose Time Has Come”、1990 年 5 月的 IEEE Trans. Communications 中的论文，此论文通过引用被结合于此。

[0143] 图 5 是接收机单元 500 的实施例框图，此实施例是图 3 中接收机系统的接收机部分的一实施例。自发射机系统发送的信号由天线 352(图 3)接收并提供给接收机 354(也称为前端处理器)。接收机 354 调节(如滤波和放大)接收信号，下变频经调节的信号至中频或基带，以及数字化下变频信号以提供数据采样，然后此数据采样被提供至调制器 360a。

[0144] 在解调器 360a(图 5)内，数据采样被提供至循环前缀移去单元 512，此单元将每个传输码元内的循环前缀移去以提供相应的经恢复 OFDM 码元。接着，快速付里叶变换器(FFT)214 变换每个经恢复 OFDM 码元，提供那段传输码元期间数据传输所用的(直至 N_p 个)频率子信道的(直到 N_p 个)经恢复调制码元向量。来自 FFT 处理器 514 的经恢复的调制码元被提供至解调单元 516，按照与发射机系统处使用的调制方案互补的解调方案被解调。接着，来自解调单元 516 的解调数据被提供至 RX 数据处理器 362a。

[0145] 在 RX 数据处理器 362a 内，由去交织器 522 以与发射机系统处实现互补的方式去交织该解调数据，再由解码器 524 以与发射机系统处实现互补的方式解码此去交织的数据。例如，如果在发射机单元处分别实现 Turbo 或卷积编码，则 Turbo 解码器或 Viterbi 解码器可以用于解码器 524。来自解码器 524 的解码数据表示了发送数据的估计。

[0146] 如图 5 中所示，SINR 估计器 510 可以被设计用于导出和提供一个或多个 SINR 度量(如，检测前 SINR、检测后 SINR、或两者)至控制器 370。检测前 SINR 可以根据导频码元的接收数据采样来导出，而检测后 SINR 可以根据导频码元的经后处理的数据采样来导出，即对接收数据采样处理之后的一些信号。

[0147] 在图 5 所示的实施例中，频率选择性(FS) 和时间选择性(TS) 估计器 518 从 FFT514 接收 FFT 系数值，并且可以为频率选择性导出一个或多个度量和 / 或为时间选择性导出一个或多个度量。例如，估计器 518 可以估计相干带宽 BW_c ，如等式(8)到(10)所示，以及相干时间 T_c ，如等式(15)和(16)所示。估计器 518 也可以被设计用于导出和提供频率和 / 或时间选择性的其他度量，而且这在本发明的范围内。

[0148] 导频

[0149] 如上面提到的，导频可以从发射机系统被发送，并且在接收机系统处能够被用于各种功能。各种导频传输方案可以被实现且在本发明的范围内。

[0150] 在一导频传输方案中，导频数据是与编码的话务数据被时分多路复用(TDM)，以实现 TDM 导频结构。此导频可以与话务数据在固定的间隔处被时分多路复用(例如，每 N_p 个数据码元一个导频码元)，或者可以以非均匀的方式(例如，以伪随机选择的时间间隔得被插入)被多路复用。TDM 导频结构也可以被实现得相似于 IS-856 或 W-CDMA 标准中描述的结构，该标准通过引用被结合于此。

[0151] 在另一个导频传输方案中,可用可变频率子信道的一个子集被保留且用于发送导频音调(即没有话务数据)。此频率子信道子集可以以确定性方式或伪随机方式被改变(即,跳频),以允许整个信道响应在多个OFDM码元上被采样。

[0152] 在另一个导频传输方案中,导频数据与编码的话务数据在时域或频域被码分多路复用的(CDM)。这样,导频数据可以使用已知扩展码被扩展,并且与编码的话务数据相加,此编码数据已经使用其他扩展码被扩展。

[0153] 一般,导频可以被发送使得接收机系统能够估计用于数据传输的每个子频带的信道响应。

[0154] 图1和3示出了一简单设计,其中接收机发回用于数据传输的速率。其他设计也可以被实现,并且在本发明的范围内。例如,信道和性能度量可以被发送至发射机(取代速率),然后可以根据接收的度量确定数据传输的速率。

[0155] 这里描述的自适应速率控制技术可以使用各种设计被实现。例如,图1中用于导出和提供信道度量的信道估计器162可以通过接收机系统内各个单元来实现,如图5中的估计器510和518。用于导出信道度量的一些或全部单元可以在控制器370内被实现。解码器524可以被设计用于为每个接收帧提供帧状态,这样可以由控制器370实施计算以导出帧差错率。控制器370也可以被设计以实现图1中的速率选择器166(例如,存储在存储器372内的查找表)。用于实现自适应速率控制的其他设计也可以被考虑,并且在本发明的范围内。

[0156] 这里描述的自适应速率控制技术可以通过各种方式被实现。例如,这些技术可以用硬件、软件或它们的组合实现。对于硬件实现,一些用于实现自适应速率控制的单元可以用一个或多个应用专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理器件(DSPD)、可编程逻辑器件(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA)、处理器、控制器、微控制器、微处理器、或用于执行这里所述功能而被设计的器件的任意组合。

[0157] 对于软件实现,自适应速率控制的一些部分可以使用实施这里描述的功能的模块(如,过程、功能等等)被实现。软件代码可以存储在存储器单元中(如图3的存储器332或372)而且由处理器(如,控制器330或370)执行。此存储器单元可以在处理器内或处理器外被实现,在处理器外被实现的情况下通过各种本领域公知的方法被通信耦合到处理器。

[0158] 标题被包括在这里用于参考和帮助定位某些部分。这些标题不是用于限制文中描述的概念的范围,在贯穿整个说明书的其他部分中这些概念都具有可应用性。

[0159] 上述优选实施例的描述使本领域的技术人员能制造或使用本发明。这些实施例的各种修改对于本领域的技术人员来说是显而易见的,这里定义的一般原理可以被应用于其它实施例中而不使用创造能力。因此,本发明并不限于这里示出的实施例,而要符合与这里揭示的原理和新颖特征一致的最宽泛的范围。

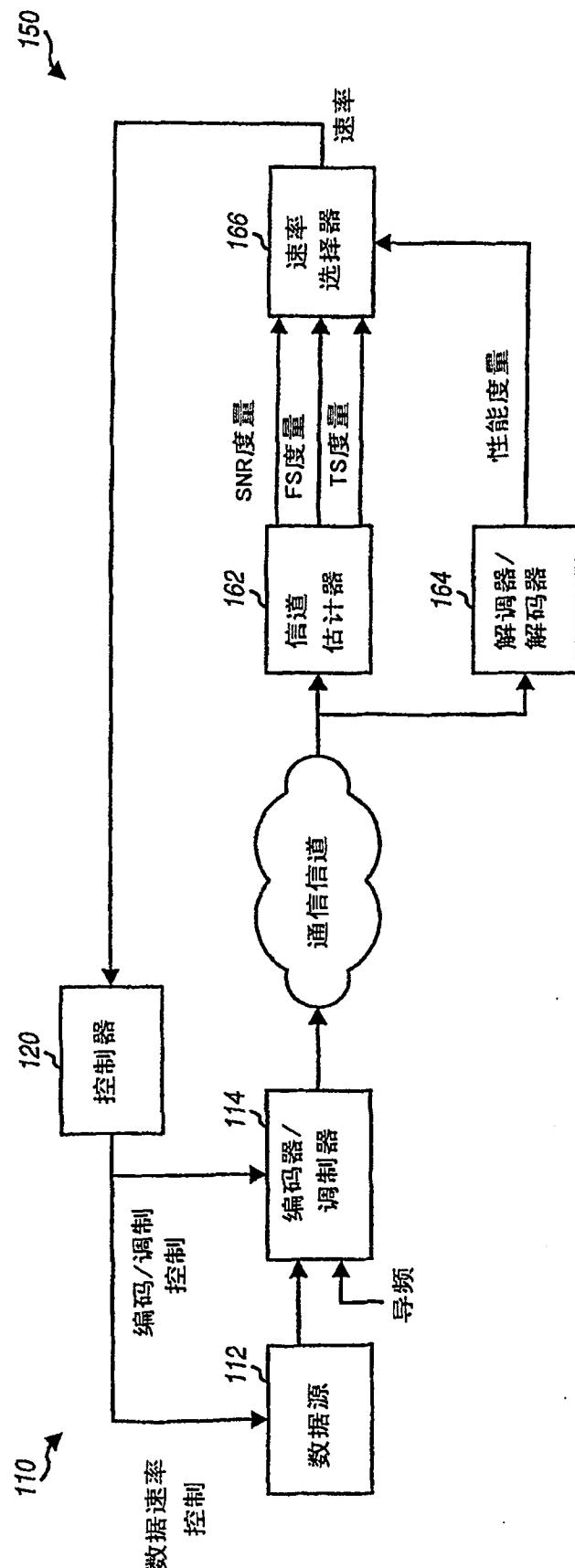


图 1

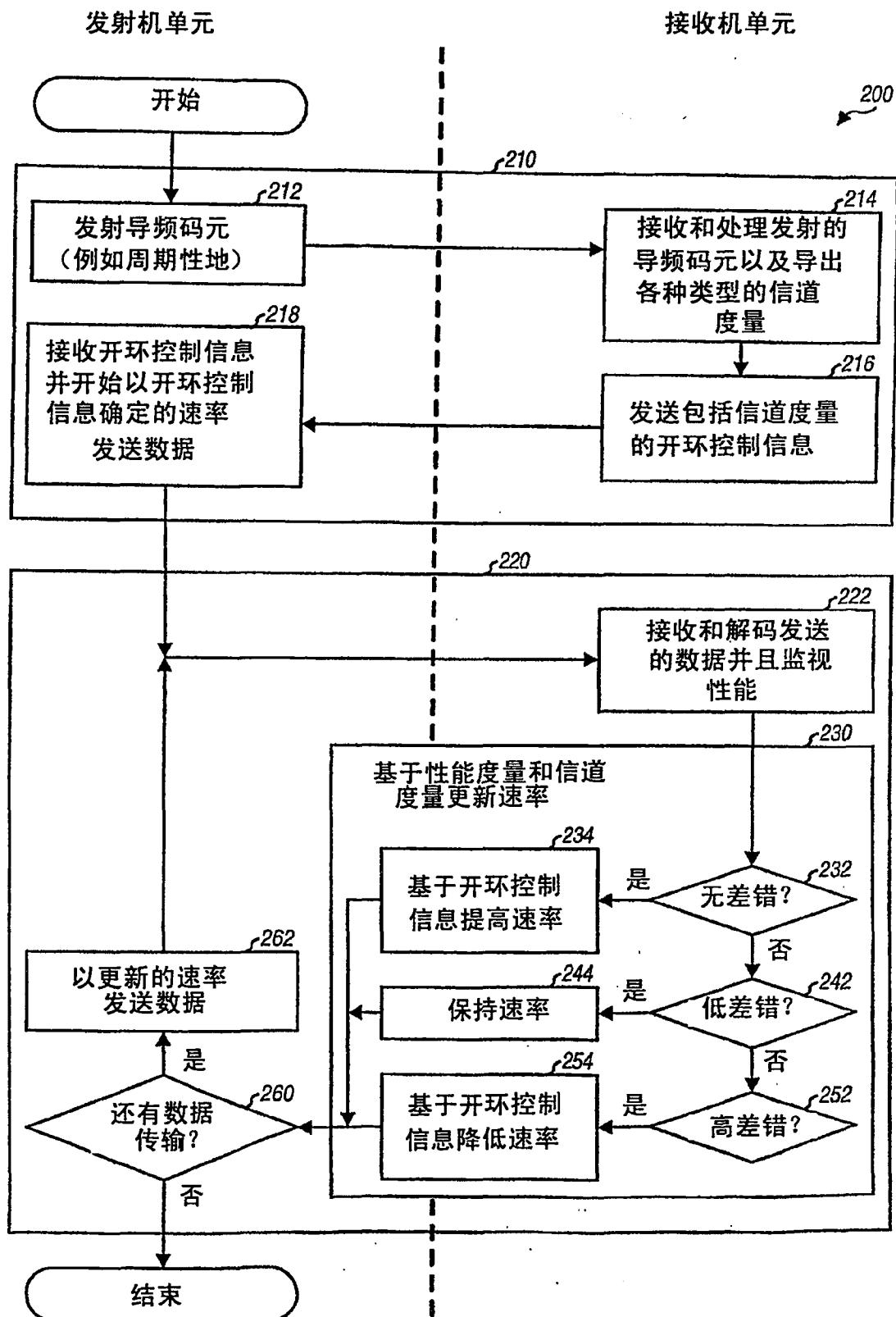


图 2

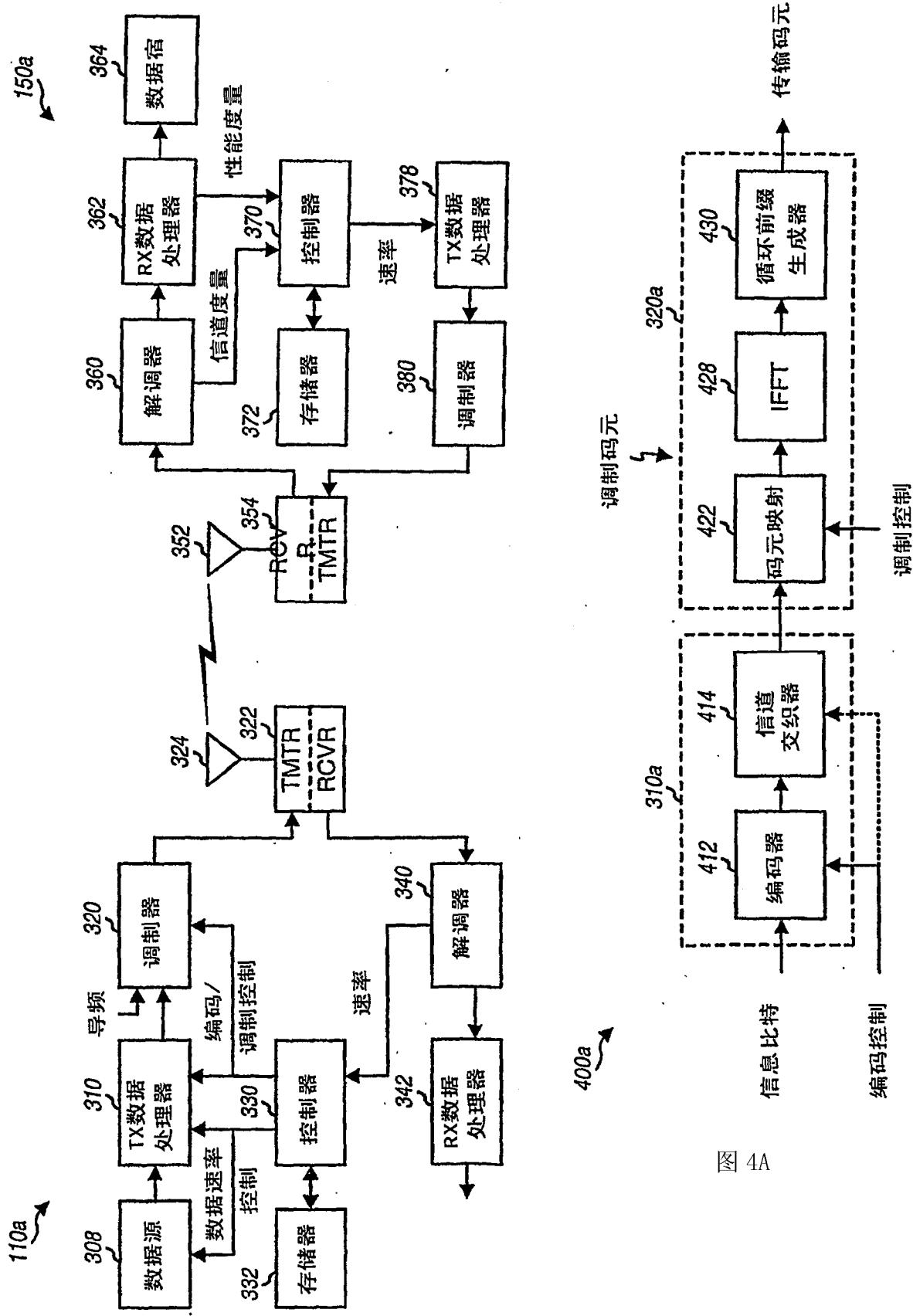


图 3

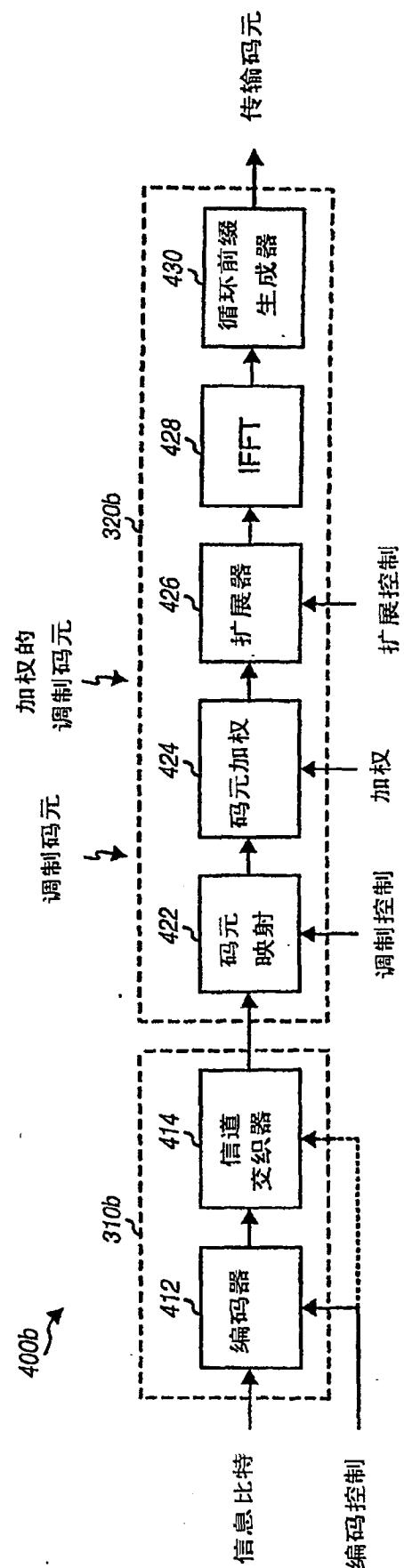


图 4B

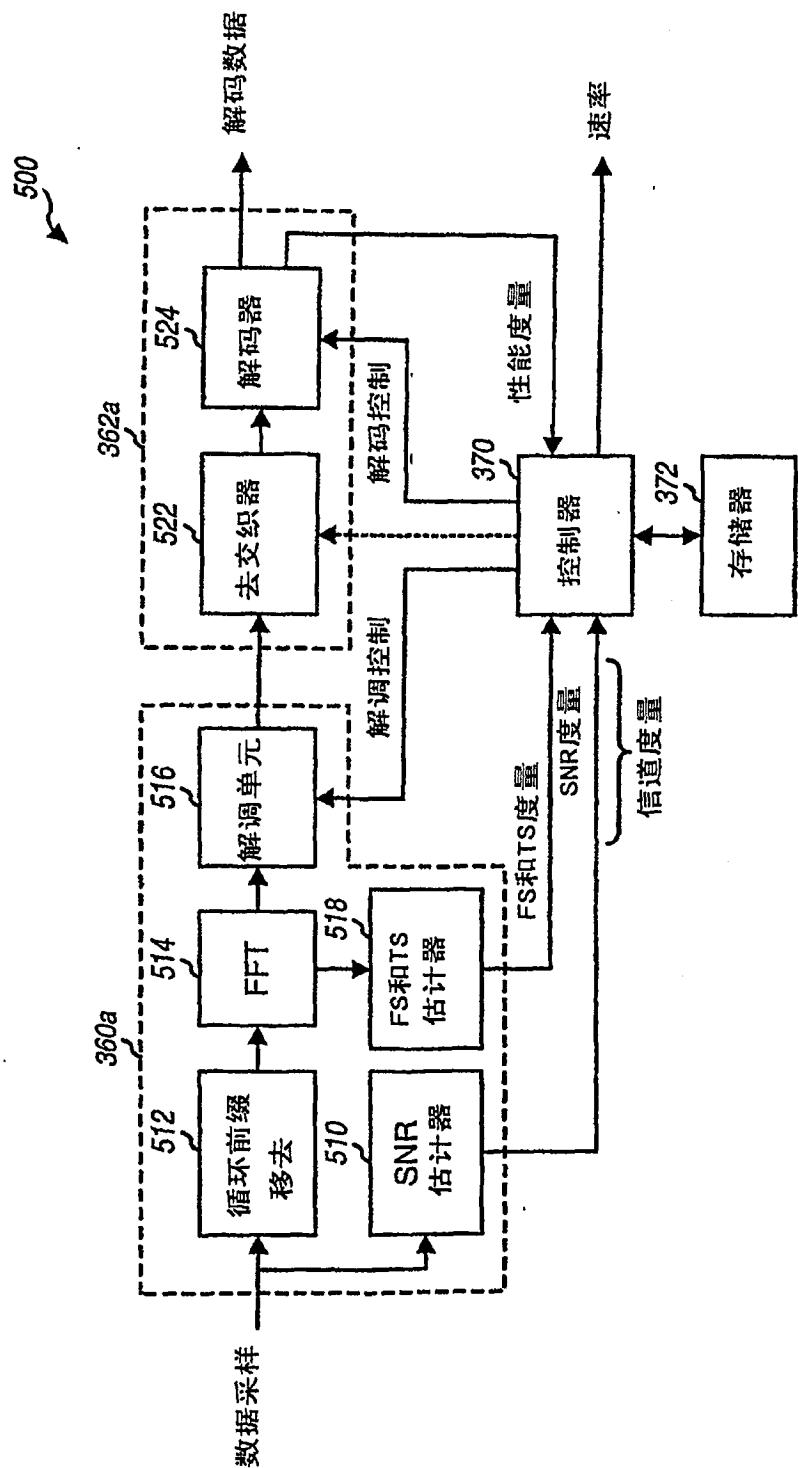


图 5