

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04J 3/02 (2006.01)  
H04L 12/56 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780048178.1

[43] 公开日 2009年11月18日

[11] 公开号 CN 101584138A

[22] 申请日 2007.11.22

[21] 申请号 200780048178.1

[30] 优先权

[32] 2007. 2. 26 [33] US [31] 11/711,570

[86] 国际申请 PCT/IL2007/001446 2007.11.22

[87] 国际公布 WO2008/104966 英 2008.9.4

[85] 进入国家阶段日期 2009.6.25

[71] 申请人 普罗维根特有限公司

地址 以色列赫茨利亚

[72] 发明人 E·里德尔 J·弗雷德曼

J·戴维森

[74] 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司

代理人 谢静 杨勇

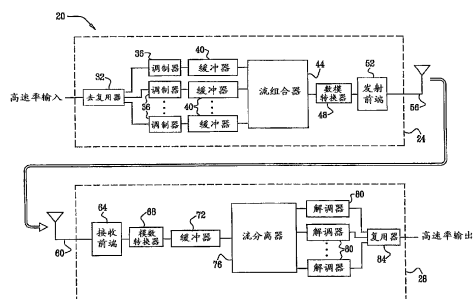
权利要求书6页 说明书17页 附图4页

## [54] 发明名称

使用多个较低数据率调制解调器的高数据率通信链路

## [57] 摘要

一种用于通信的方法，其包括接收复合信号(104)，该复合信号以第一数据率运载数据，并包括多个在时域中被交织并被边界指示符分隔的子信号(88、96)。通过自动检测复合信号中的子信号之间的边界指示符，接收到的复合信号被去复用成子信号。使用多个以低于第一数据率的第二数据率工作的解调器(80)，这些子信号被分别解调，以生成对应的输出数据流。这些输出数据流被组合，以用第一数据率重构数据。



1. 一种用于通信的方法，其包括：

接收复合信号，其以第一数据率运载数据，并包括多个在时域中被交织并被边界指示符分隔的子信号；

通过自动检测该复合信号中的子信号之间的边界指示符，将接收到的复合信号去复用成子信号；和

使用多个分别以低于第一数据率的第二数据率工作的解调器分别解调这些子信号以生成各自的输出数据流，并组合这些输出数据流以重构该数据。

2. 权利要求1的方法，其中复合信号源自单个发射器。

3. 权利要求1或2的方法，其中解调器包括突发解调器。

4. 权利要求1或2的方法，其中解调器包括流解调器。

5. 权利要求1或2的方法，其中边界指示符包括静默期。

6. 权利要求5的方法，其中自动检测边界指示符包括，计算接收到的复合信号的瞬时功率，并响应算得的瞬时功率来检测边界指示符。

7. 权利要求1或2的方法，其中边界指示符包括已知符号的序列。

8. 权利要求7的方法，其中自动检测边界指示符包括计算接收到的复合信号的采样之间的相关性和已知符号的序列之间的相关性。

9. 权利要求7的方法，其中自动检测边界指示符包括从所述多个解调器中的一个或多个接受一个或多个相关性指示，该相关性指示指明被各解调器解调的子信号之间的相关性和已知符号的序列之间的相关性。

10. 权利要求1或2的方法，其中边界指示符包括具有第一数据率的已知采样的序列，并且其中自动检测边界指示符包括计算接收到的复合信号的采样之间的相关性和已知采样的序列之间的相关性。

11. 权利要求1或2的方法，其中边界指示符包括已知比特的序列。

12. 权利要求1或2的方法，其中解调子信号包括通过各调制解调器恢复至少一个子信号的时序，并且其中接收复合信号包括使用模数转换器（ADC）来数字化该复合信号，并基于所恢复的时序调节该ADC的采样时钟。

13. 权利要求 1 或 2 的方法，其中接收复合信号包括数字地恢复该复合信号的时序。

14. 权利要求 13 的方法，其中恢复数字信号的时序包括，通过各解调器估计至少一个子信号的时序偏移，并响应算得的该至少一个子信号的时序偏移从而使用数字内插来修正该复合信号中的相应时序偏移。

15. 权利要求 13 的方法，其中复合信号包括已知采样的序列，并且其中恢复复合信号的时序包括，通过处理该已知采样来估计该复合信号中的时序偏移，并通过对该复合信号应用数字内插来修正该复合信号中的时序偏移。

16. 权利要求 1 或 2 的方法，其中解调器中的至少一个包括自适应接收器环，其被用来解调对应的子信号，并且其中解调子信号包括补偿自适应环在子信号的相继时间间隔之间累加的误差。

17. 权利要求 16 的方法，其中自适应环包括相位恢复环，并且其中补偿误差包括补偿在子信号的相继时间间隔之间累加的相位误差。

18. 权利要求 16 的方法，其中自适应环包括时序恢复环，并且其中补偿误差包括补偿在子信号的相继时间间隔之间累加的时序误差。

19. 权利要求 1 或 2 的方法，其中第二数据率中的至少两个互不相同。

20. 一种用于通信的方法，其包括：

将具有第一数据率的输入数据流去复用成多个具有低于第一数据率的各自的第二数据率的子流；

使用多个以第二数据率工作的调制器分别调制所述子流；

在时域中交织已调制子流，以产生已调制复合信号；和

将该复合信号发射到通信链路上。

21. 权利要求 20 的方法，其中边界指示符包括至少一个指示符类型，其选自由下列指示符类型组成的组：静默期、已知符号的序列、已知采样的序列、和已知比特的序列。

22. 权利要求 20 的方法，其中调制子流包括，通过使得每个子信号的频谱响应符合给定频谱掩模的频谱缩小副本，使得复合信号的频谱响应符合该给定频谱掩模。

23. 权利要求 22 的方法，其中使得复合信号的频谱响应符合给定频谱掩模还包括，在时域中用分隔符分隔子信号，所述分隔符包括至少一个分隔符类型，其选自由下列分隔符类型组成的组：保护间隔和已知符号的对称序列。

24. 一种接收器，其包括：

前端，其被安排为接收复合信号，该复合信号以第一数据率运载数据，并包括多个在时域中被交织并被边界分隔符分隔的子信号；

分离器，其被安排为，通过自动检测该复合信号中的子信号之间的边界指示符，将接收到的复合信号去复用成子信号；

多个解调器，其以低于第一数据率的第二数据率工作，并被安排为分别解调这些子信号以生成各自的输出数据流；和

复用器，其被配置为组合这些输出数据流，以重构该数据。

25. 权利要求 24 的接收器，其中复合信号源自单个发射器，其交织子信号，并插入边界指示符。

26. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中解调器包括突发解调器。

27. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中解调器包括流解调器。

28. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中边界指示符包括静默期。

29. 权利要求 28 的接收器，其中分离器包括功率检测器，其被安排为，计算接收到的复合信号的瞬时功率，并响应算得的瞬时功率来检测边界指示符。

30. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中边界指示符包括已知符号的序列。

31. 权利要求 30 的接收器，其中分离器被安排为，计算接收到的复合信号的采样之间的相关性和已知符号的序列之间的相关性，并基于这些相关性检测边界指示符。

32. 权利要求 30 的接收器，其中解调器中的至少一些包括相关器，所述相关器以各自的第二数据率工作，计算被各自解调器解调的子信号之间的相关性指示和已知符号的序列之间的相关性指示，并且其中分离器被安排为从解调器接受这些相关性指示以检测边界。

33. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中边界指示符包括具有第一数据率的已知采样的序列，并且其中分离器被安排为，计算接收到的

复合信号的采样之间的相关性和已知采样的序列之间的相关性，并基于这些相关性检测边界指示符。

34. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中边界指示符包括已知比特的序列，并包括位相关器，其耦合到解调器之一的输出，并被安排为将该解调器的输出处的输出数据流与已知比特的序列相关联，以检测边界指示符。

35. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中解调器之一被安排为覆盖被该解调器解调的子信号的时序，并且该接收器包括模数转换器（ADC）——其被安排为根据采样时钟数字化该复合信号，和时序调节电路——其被安排为基于所恢复的子信号时序调节该 ADC 的采样时钟。

36. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中解调器中的至少一个被安排为估计至少一个子信号的时序偏移，并且该接收器包括时序调节电路，其被安排为，响应算得的该至少一个子信号的时序偏移从而使用数字内插来修正复合信号中的相应时序偏移。

37. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中复合信号包括采样的序列，并且其中分离器被安排为，通过处理这些采样来估计复合信号中的时序，并通过对这些采样应用数字内插来修正该复合信号中的时序偏差。

38. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中解调器中的至少一个包括自适应接收器环——其被用来解调对应的子信号，并且该接收器包括调节电路——其被安排为补偿自适应环在子信号的相继时间间隔之间累加的误差。

39. 权利要求 38 的接收器，其中自适应环包括相位恢复环，并且其中调节电路被安排为补偿在子信号的相继时间间隔之间累加的相位误差。

40. 权利要求 38 的接收器，其中自适应环包括时序恢复环，并且其中调节电路被安排为补偿在子信号的相继时间间隔之间累加的时序误差。

41. 权利要求 24 或 25 的接收器，其中第二数据率中的至少两个互不相同。

42. 一种发射器，其包括：

去复用器，其被安排为将具有第一数据率的输入数据流去复用成多个具有低于第一数据率的各自的第二数据率的子流；

多个调制器，其分别以第二数据率工作，并被安排为分别调制这些子流；

组合器，其被安排为在时域中交织已调制子流，以产生已调制复合信号；和

边界标记器，其被安排为将边界分隔符插到复合信号中的已调制子流之间。

43. 权利要求 42 的发射器，其中边界标记器常驻在至少一个单元中，其选自由下列单元组成的组：去复用器、调制器、和组合器。

44. 权利要求 42 的发射器，其中边界指示符包括至少一个指示符类型，其选自由下列指示符类型组成的组：静默期、已知符号的序列、已知采样的序列、和已知比特的序列。

45. 权利要求 42 的发射器，其中调制器被安排为，通过使得每个子流的频谱响应符合给定频谱掩模的频谱缩小副本，使得复合信号的频谱响应符合该给定频谱掩模。

46. 权利要求 45 的发射器，其中组合器被安排为在时域中用分隔符分隔子信号，所述分隔符包括至少一个分隔符类型，其选自由下列分隔符类型组成的组：保护间隔和已知符号的对称序列，以使得复合信号的频谱相应符合给定频谱掩模。

47. 一种通信链路，其包括：

发射器，其包括多个调制器，并被安排为：将具有第一数据率的输入信号复用成具有低于第一数据率的第二数据率的子信号，使用以第二数据率工作的各调制器分别调制这些子信号，在时域中交织已调制子信号，以产生已调制复合信号，将边界指示符插到该复合信号的已调制子流之间，并且发射该复合信号；以及

接收器，其包括多个解调器，其分别以第二数据率工作，并被安排为：接收复合信号，通过自动检测边界指示符将接收到的复合信号去复用成子信号，使用解调器分别解调这些子信号以生成输出数据流，并组合输出数据流以重构输入数据。

48. 一种用于通信的方法，其包括：

将具有第一数据率的输入数据去复用成多个具有低于第一数据率的各自的第二数据率的子流;

使用以第二数据率工作的各调制器分别调制所述子流;

在时域中交织已调制子流,以产生已调制复合信号;

将边界指示符插到该复合信号中的已调制子流之间;

将该复合信号发射到通信信道上;

接收在该通信信道上发射的复合信号;

通过自动检测边界指示符,将接收到的复合信号去复用成子信号;

使用以第二数据率工作的各自的解调器分别解调所述子信号,以生成输出数据流; 和

组合所述输出数据流,以重构输入数据。

## 使用多个较低数据率调制解调器的高数据率通信链路

### 技术领域

本发明总体涉及通信链路，具体涉及用于使用多个调制解调器以高数据率进行发射和接收的方法和系统。

### 背景技术

在使用多个较低数据率调制解调器以高数据率进行发射和接收的领域中，已知数种方法和系统。例如，通过引用纳入本文的 PCT 公开内容 WO 2006/097735 描述了用于处理高数据率信号的设备和方法。该设备包括多个数据处理单元和切换装置，以在时间分割基础上在该多个数据处理单元的输入之间重复地切换接收到的高数据率信号。每个数据处理单元可操作，以用低于所述高数据率的数据率对信号进行处理。该设备还包括组合装置，其可操作，以在该多个数据处理单元之间进行切换，以形成已处理的高数据率信号。还公开了一种接收器设备，其可操作以与上述设备协作以接收已处理的信号并撤销该设备已执行的每个处理步骤，以将已处理的信号转换成原始高第一数据率信号。

另一个实例是，美国专利 5,809,070——其公开内容通过引用纳入本文——描述了用于使用多个低速通信链路提供高速计算机间数据传输的方法和设备。在发射场所，高速数据流被分割成多个低速数据流，并被复用到低速链路上。接收器对该多个低速数据流进行去复用、缓冲和同步，以再造该高速数据流。

美国专利 6,647,059——其公开通过引用纳入本文——描述了一种使用调制解调器的低成本数据通信系统。在所提出的系统和方法中，即将到来的二进制数据流被编码调制解调器分割成数个平行子流。这些平行子流被映射 (map) 到一组独一无二的正交短码，继而被一组调制器调制。其后，已调制数据被组合，并经由有线通信信道——诸如电缆或光纤信道——发射。解码调制解调器可以从编码调制解调器接收编码信息，并适当地解码所发射的信息。



## 发明内容

本发明的实施例提供了一种用于通信的方法，其包括：

接收复合信号，该复合信号以第一数据率运载数据，并包括多个在时域中被交织（interleave）并被边界指示符分隔的子信号；

通过自动检测复合信号中的子信号之间的边界指示符，将接收到的复合信号去复用成子信号；和

使用多个分别的以低于第一数据率的第二数据率工作的解调器解调这些子信号以生成各自的输出数据流，并组合这些输出数据流以重构该数据。

在某些实施例中，复合信号源自单个发射器。在一个实施例中，解调器包括突发（burst）解调器。在另一个实施例中，解调器包括流解调器。

在又一个实施例中，边界指示符包括静默期（silent period）。自动检测边界指示符可以包括，计算接收到的复合信号的瞬时功率，并响应算得的瞬时功率来检测边界指示符。

在更一个实施例中，边界指示符包括已知符号的序列。自动检测边界指示符可以包括计算接收到的复合信号的采样之间的相关性和已知符号的序列之间的相关性。另外或替代地，自动检测边界指示符包括，接受来自该多个解调器之一或多个的一个或多个相关性指示讯息（indication），其指示被各解调器解调的子信号之间的相关性和已知符号的序列之间的相关性。

在一个公开实施例中，边界指示符包括具有第一数据率的已知采样的序列，自动检测边界指示符包括计算接收到的复合信号的采样之间的相关性和已知采样的序列之间的相关性。在另一个实施例中，边界指示符包括已知位（已知比特）的序列。

在又一个实施例中，解调子信号包括通过各解调器恢复至少一个子信号的时序（timing），接收复合信号包括使用模数转换器（ADC）对复合信号进行数字化，并基于所恢复的时序调节该ADC的采样时钟。

在更一个实施例中，接收复合信号包括数字地恢复该复合信号的时序。在一个实施例中，恢复复合信号的时序包括，通过各解调器估

计至少一个子信号的时序偏移，并响应该至少一个子信号的算得的时序偏移从而使用数字内插来修正该复合信号中的相应时序偏移。在另一个实施例中，复合信号包括已知采样的序列，恢复复合信号的时序包括，通过处理已知采样估计该复合信号中的时序偏移，并通过对该复合信号应用数字内插，修正该复合信号中的时序偏移。

在某些实施例中，解调器中的至少一个包括自适应接收器环，其用于解调对应的子信号，解调子信号包括补偿自适应环在该子信号的相继时间间隔之间累加的误差。在一个实施例中，自适应环包括相位恢复环，补偿误差包括补偿在该子信号的相继时间间隔之间累加的相位误差。另外或替代地，自适应环包括时序恢复环，补偿误差包括补偿在该信号的相继时间间隔之间累加的时序误差。在一个公开实施例中，第二数据率中的至少两个互不相同。

根据本发明的一个实施例，另外提供了一种用于通信的方法，其包括：

将具有第一数据率的输入数据流去复用成多个具有低于第一数据率的各自的第二数据率的子流；

使用多个以第二数据率工作的调制器分别调制这些子流；

在时域中交织已调制子流，以产生已调制复合信号；

将边界指示符插到该复合信号中的已调制子流之间；和

将该复合信号发射到通信链路上。

在某些实施例中，边界指示符包括至少一个选自由下列指示符类型组成的组的指示符类型：静默期、已知信号的序列、已知采样的序列、和已知位的序列。

在另一个实施例中，调制子流包括，通过使得每个子流的频谱响应符合给定频谱掩模 (spectral mask) 的频谱缩小副本 (spectrally scaled-down replica)，使得该复合信号的频谱响应符合该给定频谱掩模。使得该复合信号的频谱响应符合给定频谱掩模可以包括，在时域中用分隔符分隔子信号，所述分隔符包括至少一个分隔符类型，其选自由下列分隔符类型组成的组：保护间隔 (guard interval) 和已知符号的对称序列。

根据本发明的一个实施例，还提供了接收器，其包括：

前端，其被安排为接收复合信号，该复合信号以第一数据率运载数据，并包括多个在时域中被交织并被边界指示符分隔的子信号；

分离器，其被安排为，通过自动检测复合信号中的子信号之间的边界指示符，将接收到的复合信号去复用成子信号；

多个解调器，其以低于第一数据率的第二数据率工作，并被安排为分别解调这些子信号，以生成各自的输出数据流；和

复用器，其被配置为组合这些输出数据流，以重构该数据。

根据本发明的一个实施例，还提供了发射器，其包括：

去复用器，其被安排为将具有第一数据率的输入数据流去复用成多个具有低于第一数据率的各自的第二数据率的子流；

组合器，其被安排为在时域中交织已调制子流，以产生已调制复合信号；和

边界标记器，其被安排为将边界指示符插到该复合信号中的已调制子流之间。

在某些实施例中，边界标记器常驻在至少一个单元中，该单元选自由下列单元组成的组：去复用器、调制器、和组合器。

根据本发明的一个实施例，另外提供了通信链路，其包括：

发射器，其包括多个调制器，并被安排为，将具有第一数据率的输入数据去复用成具有低于第一数据率的第二数据率的子流，使用以第二数据率工作的各调制器分别调制这些子流，在时域中交织已调制子流以产生已调制复合信号，将边界分隔符插到该复合信号中的已调制子流之间，和发射该复合信号；和

接收器，其包括多个去复用器，该复用器以第二数据率工作，并被安排为，接收复合信号，通过自动检测边界分隔符将接收到的复合信号去复用成子信号，使用解调器分别解调这些子信号以生成输出信号流，和组合这些输出信号流以重构输入信号。

根据本发明的一个实施例，还提供了一种用于通信的方法，其包括：

将具有第一数据率的输入信号去复用成多个具有低于第一数据率的各自的第二数据率的子流；

使用以第二数据率工作的各调制器分别调制这些子流；

在时域中交织已调制子流，以产生已调制复合信号；  
将边界指示符插到该复合信号中的已调制子流之间；  
将该复合信号发射到通信信道上；  
通过自动检测边界指示符，将接收到的复合信号去复用成子信号；  
使用以第二数据率工作的各解调器分别解调这些子信号，以生成  
输出数据流；和  
组合这些输出数据流，以重构输入信号。

## 附图说明

从下面的结合附图的详述中，本发明将被更完全地理解，在附图中：

图 1 是根据本发明的一个实施例示意性地图示了通信链路的框图；

图 2 是根据本发明的一个实施例示意性地图示了由多个调制器产生的信号转换成高数据率复合信号的图；

图 3 是根据本发明的一个实施例示意性地图示了使用多个解调器的接收器的框图；和

图 4 是根据本发明的一个实施例示意性地图示了用于使用多个调制解调器以高数据率通信的方法的流程图。

## 具体实施方式

### 综述

本发明的实施例提供了改进的方法和系统，其用于，使用多个以低数据率工作的调制解调器，将数据以高数据率从发射器发射到接收器。在某些实施例中，发射器将输入数据流分割成多个子流。这些子流被多个调制器分别处理，其中每个调制器以低于输入数据流数据率的数据率工作。发射器将调制器的输出在时域中交织，以产生已调制复合信号。调制器的输出，例如已调制子流，在本文中被称为子信号。

通常，发射器将边界指示符插到复合信号中的子信号之间，以使得接收器能够检测到这些边界并区分不同的子信号。这些边界可以被标记，例如，使用静默期，或使用已知位或符号序列。该复合信号继

而被发射到接收器。

接收器接收复合信号，并使用边界指示符自动检测已调制子信号之间的边界。基于所检测的边界，接收器将复合信号分离成个体子信号。已调制子信号被各解调器分别处理，其中每个解调器以低于该复合信号的数据率（例如，输入数据流的数据率）的数据率工作。接收器对解调器的输出进行复用，以产生输出数据流，其重构高数据率输入数据流。

与某些已知方法——其中输入数据根据发射器和接收器之间达成的固定协议分割成子流——不同，本文描述的方法和系统使得能够在不同调制解调器之间灵活地分割数据，而无需提前协调发射器和接收器之间的切换时间。

下面描述了几种示例性发射器和接收器配置。特别地，描述了用于检测子信号之间的边界和用于对不同子信号的接收进行同步的不同接收器机制。例如，发射器和接收器中的调制解调器（例如，调制器和解调器）可以包括突发调制解调器或连续工作的流调制解调器。

在某些情形下，发射器和接收器可以使用现有的调制解调器器件和电路，几乎不作或不作改变。例如，下面描述的某些接收器配置使用由个体解调器提供的特定同步指示，用于检测子信号之间的边界。

## 系统描述

图1是根据本发明的一个实施例示意性地图示了通信链路20的框图。在图1所示的示例性实施例中，链路20可以包含无线链路，诸如点对点微波或毫米波链接。替代地，链路20可以包含有线链路，诸如缆上数据（data-over-cable）链路。

链路20包含发射器24，其将数据以高数据率发射到接收器28。例如，该链路可以支持千兆比特以太网（GbE）连接、4级同步传输模式（STM4）链路、光学载波12（OC12）链路、或任何其他合适的高数据率连接。

发射器接受具有高数据率的输入数据流。去复用器32将输入数据流分割成多个子流。这些子流被各调制器36平行地处理，其中调制器36以低于输入数据流数据率的数据率工作。调制器36在它们的输出

处产生已调制子流，或子信号。每个调制器 36 通常使用前向误差修正 (FEC) 码对数据子流进行编码，并根据特定调制方案调制已编码数据，以产生已调制符号的序列。

这些调制器可以使用任何合适的调制方案，诸如正交振幅调制 (QAM) 或相移键控 (PSK)，已调制符号可以通过每符号任何合适数目的采样来表示。

在某些情形下，调制器向子信号添加已知符号序列，诸如前导码 (preamble)。这样的符号序列的使用在下面进一步描述。

调制器 36 的输出被缓冲器 40 缓冲。流组合器 44 将多个已调制采样流交织成单个复合已调制信号。这样，该复合信号就具有基本等于个体调制器数据率之和的数据率。两个将低速率已调制子信号复用成高速率复合信号的一个示例性处理在下面的图 2 中示范。

由组合器 44 产生的复合信号被数模转换器 (DAC) 48 转换为模拟信号。该模拟信号被上变频到合适的无线电频率，被滤波并被发射器前端 (TX FE) 52 放大，并经由发射天线 56 发射到接收器 28。在接收器 28，由发射器 24 发射的信号被接收天线 60 接收。接收前端 (RX FE) 64 对接收到的信号进行放大和滤波，并将其下变频到合适的中间频率或基带。该信号继而被模数转换器 (ADC) 68 数字化，该数字化信号被缓冲器 72 缓冲。

流分离器 76 使用下面详述的方法将接收到的复合信号分离成个体已调制子信号。这些子信号被多个解调器 80 平行地处理，其中解调器 80 以低于该复合信号数据率的数据率工作。每个解调器 80 通常对其子信号的 FEC 进行解调和解码。这些解调器还可以执行诸如时序同步、载波恢复、信道平衡、和增益控制等功能。通常但不必需，每个解调器 80 处理由发射器 24 中的特定调制器 36 产生的子信号。

复用器 84 对解调器 80 的输出进行复用，以产生输出数据流，其重构被提供给发射器 24 的输入数据流。

因为调制器 36 和解调器 80 以降低的数据率工作，所以它们的电路常常可以被简化，从而降低成本。另外，这样的平行配置使得链路 20 能够以使用单个调制解调器在技术上难以或不可能达到数据率工作。在某些情形下，该平行配置使得链路 20 能够以高数据率工作，同

时重新使用已知或现有的低数据率调制解调器电路或器件。

本文使用的术语“高数据率”和“低数据率”——其分别描述输入数据流的数据率和个体调制器及解调器的数据率——应被解释为相对而非绝对术语。换言之，输入数据流可以具有任何所需数据率（其是该链路的端到端数据率），个体调制器和解调器可以具有任何所需数据率，只要每个个体调制器和解调器的数据率低于输入数据流的数据率。

虽然链路 20 在图 1 中被示为单向链路，但是这个配置纯粹为澄清概念而示出。在某些实施例中，链路 20 包含双向链路，其中两个通信系统互相通信数据。在这样的配置中，每个通信系统包含与发射器 24 相似的发射器和与接收器 28 相似的接收器。在某些情形下，多个已知的双向调制解调器器件可以被用作特定通信站的成对的调制器 36 和解调器 80。例如，Provigent 公司（Santa Clara，加利福尼亚）提供了一种名为 PVG-310 的单芯片调制解调器，其可以被用于这个目的。与这个器件有关的细节可以在 [www.provigent.com/products-310.htm](http://www.provigent.com/products-310.htm) 找到。

调制器 36 和解调器 80 可以用相同或不同的数据率和波特率工作。通常，不同的调制器可以使用不同的调制方案、FEC 码、和数据/波特率。

在某些实施例中，去复用器 32 和流组合器 44 协调子流被交织的顺序，以使组合器 44 以正确的顺序组合子信号。例如，合适的控制接口可以被限定在去复用器 32 和组合器 44 之间。在这些实施例中，去复用器 32 使用控制接口向组合器 44 指示子流的交织顺序。这种协调方法不对输入数据流和子流强加开销（overhead）或额外带宽，但可以要求不必被调制器 36 支持的控制要素。

在替代实施例中，去复用器 32 可以将控制信息（例如，已知位（已知比特）序列）插入子流，以向组合器 44 指示如何组合子信号。这个方法通常对调制器 36 透明，但降低了该链接的可用吞吐量。

进一步替代地，在某些情形下，无需去复用器 32 和组合器 44 之间的协调。例如，在某些实施例中，[输入数据流]已经被划分成包，去复用器 32 根据这个包结构将输入数据流分离成子流。假定该链接管

理的较高层不可知包被接收的顺序,那么就无需去复用器 32 和组合器 44 之间的协调。

图 2 是根据本发明的一个实施例示意性地图示了由两个调制器 36 分别产生的两个已调制子信号 88 和 96 转换成高数据率已调制复合信号 104 的图。子信号 88 包含三个帧: 92A、92B 和 92C。子信号 96 包含三个帧: 100A、100B 和 100C。每个子信号中的帧可以具有相同长度或彼此不同的长度。相似地,不同子信号的帧可以具有相同长度或不同长度。在本实例中,这两个子信号具有相同的数据率。然而,通常子信号具有不同的数据率。

已调制子信号 88 和 96 被组合器 44 交织,以产生复合信号 104,其具有二倍于每个子信号数据率的数据率。信号 104 的帧 108A、108C 和 108E 是子信号 88 的帧 92A、92B 和 92C 以二倍数据率播放的副本。相似地,信号 104 的帧 108B 和 108D 是子信号 96 的帧 100A 和 100B 以二倍数据率播放的副本(即,具有二倍于个体子信号采样率的采样率)。

因为复合信号 104 的数据率是子信号 88 和 96 的数据率的二倍,所以它占据了二倍于每个子信号的频谱带宽。下面进一步阐述一些与该复合信号的频谱掩模和该个体子信号有关的考虑。

图 3 是根据本发明的一个实施例示意性地图示了接收器 28 的细节的框图。特别地,该图示出了流分离器 76 的细节和解调器 80 之一的细节。将参照图 3 描述几种示例性接收器和发射器配置。该图中示出的某些元件在某些配置中是可选的或可省略的。

链路 20 中的调制器 36 和解调器 80(合称为调制解调器)可以包含突发调制解调器或流调制解调器。突发调制解调器处理个体的、自含的(self-contained)数据突发(burst of data),常常无关于其他突发而对它进行处理。每个突发通常包含已知符号序列,诸如前导码或中间导码(midamble),其为解调器中的自适应环或其他信号处理过程所用,用于恢复该突发的时序和载波相位。接收器环常常个别地处理每个突发,而不顾先前接收的突发。在某些情形下,接收器环可以使用从先前突发估计的参数,以改进性能。突发调制解调器有时能够连续发射突发,以使被发射的信号显现为连续。



在另一方面，流调制解调器处理连续数据流。已知符号序列，诸如前导码或中间导码，可以被周期性地插入该符号流，但该流通常没有明确的逻辑边界。流调制解调器的接收器环常常利用该信号的连续性。例如，流调制解调器的载波恢复环通常缓慢，并假定载波相位随时间逐渐漂移。本文描述的发射器和接收器配置针对突发调制解调器和流调制解调器二者。

### ADC 采样时钟控制

参照图 3，接收器中的 ADC 68 的采样时钟在被一个或多个解调器 80 恢复时可以自由运转，或可以跟踪接收到的信号的时序。当 ADC 68 的采样时钟自由运转时，时钟振荡器 112 产生该采样时钟，并经由选择器（切换开关或复用器）120 驱动 ADC 68。

替代地，ADC 68 的采样时钟在被一个或多个解调器 80 恢复时可以被跟踪，或可以被锁定到发射器时钟。在某些实施例中，解调器 80 包含时序估计单元 136，其基于接收到的子信号估计解调器 80 和发射器 24 中相应调制器 36 之间的时序偏移。该解调器还包含时序修正单元 140，其从单元 136 接受偏移值或所需修正值，并据此修正解调器时序。结果是，该解调器的时序跟踪相应调制器的时序。图 3 所示的示例性时序恢复环具有前馈配置。替代地，也可以使用具有反馈配置的环。

来自单元 136 的时序偏移或时序修正估计有时可以被用来调节 ADC 68 的采样时钟。例如，在图 3 中，单元 136 的输出——其用“A”表示——被作为锁相环（PLL）116 的参考而提供，这产生了 ADC 采样时钟。选择器 120 可以被设置为用这个时钟驱动 ADC 68。

在某些实施例中，接收到的信号的时序被数字地恢复。在这些实施例中，时序恢复处理包括相位恢复和频率恢复二者。当调制解调器包含突发调制解调器时，频率和初始相位通常在每个子信号间隔的开端被估计，继而沿着该间隔被跟踪。当调制解调器包含流调制解调器时，频率和相位通常以连续方式被跟踪。在某些情形下，因为每个调制解调器的局部占空比操作，所以解调器在每个子信号间隔的开端遭遇相位不连续性。下面进一步描述用于补偿这个相位不连续性的装置。

在某些实施例中，诸如当发射器 24 中的所有调制器 36 的时序被同步到相同的时钟时，ADC 采样时钟可以被解调器 80 之一中的单个时钟估计单元 136 控制。然而，在替代实施例中，不同的调制器 36 可以互不同步。在这些实施例中，可以使用解调器 80 的所有时序估计单元 136 的输出，每个时序估计单元在其相应子信号被接收期间控制 ADC 采样时钟。

在某些实施例中，一旦接收到的信号的时序被恢复，时序修正就通过在接收器对该信号进行数字内插或重采样而被应用。时序偏移（时序误差）可以在解调器从子信号之一或多个中——即以较低数据率——被估计，或从复合信号的采样中——即以较高数据率——被估计。在这些实施例中，时序偏移继而由数字内插修正。内插可以用较低数据率应用到子信号的符号，或以较高数据率应用到复合信号的采样。

### 子信号边界检测方法

如上所记，发射器通过插入边界指示符来标记子信号之间的边界，接收器通过自动检测这些边界指示符来将复合信号分离成个体子信号。

分离器 76 包含去复用器 124，其被选择逻辑 128 控制。分离器 76 检测复合信号中的为不同已调制子信号所用的时间间隔之间的边界或跃变（transition）。当该分离器检测到子信号跃变（即，为一个子信号所用的间隔的末尾和/或为另一个子信号所用的间隔的开端）时，选择逻辑 128 控制去复用器 124，以使当前开端子信号被递送到适当的去复用器 80。

选择逻辑可以使用不同的机制和判据来区分被交织成接收到的复合信号的不同子信号。这些机制中的某些自含于分离器 76 内，而其他使用由解调器 80 提供的同步指示讯息。

在某些实施例中，发射器 24 将静默期——其分隔为不同子信号所用的相邻时间间隔——插入复合信号。每个静默期包含发射器几乎不发射或不发射功率的时间间隔。典型的静默期持续时间是几十个符号的数量级，尽管可以使用任何其他合适的持续时间。在某些情形下，

将所发射的功率水平相对于正常平均信号功率降低给定量, 诸如 10 至 20dB, 就足以使某时间间隔被识别为静默期。

在本专利申请的语境中和在权利要求书中, 术语“静默期”被用来描述任何这样的时间间隔: 信号功率被降低足够量, 以使得接收器能够检测到这个间隔, 并将该检测用作边界指示符。静默期可以与突发调制解调器或流调制解调器结合使用。

在替代实施例中, 发射器使用已知符号的序列来标记为不同子信号所用的时间间隔之间的边界。例如, 当使用突发调制解调器时, 每个突发通常尾随由调制器 36 产生的前导码。固有地, 当不同突发被组合以形成复合信号时, 每两个相邻突发被一个前导码分隔。当使用流调制解调器时, 发射器 24 中的组合器 44 可以将适当的已知符号序列添加到每个子信号间隔的开端和/或末尾。在某些实施例中, 已知符号序列以子信号水平——即以低数据率——被添加。替代地, 已知采样的序列可以用高数据率直接插入该复合信号。

接收器 28 的分离器 76 检测边界指示符, 即静默期或已知符号序列, 并据此切换去复用器 124。例如, 在某些实施例中, 分离器 76 包含采样相关器 132, 其以复合信号的高数据率工作。

当子信号被已知符号序列分隔时, 相关器 132 连续计算接收到的复合信号采样之间的相关性和所需已知序列之间的相关性。当检测到相关性时, 例如当相关器的输出与预定门限交叉时, 该相关器向选择逻辑 128 指示检测到边界。作为响应, 逻辑 128 通过切换去复用器 124, 将当前开端子信号路由到适当的解调器。

在某些实施例中, 每个子信号(和每个调制器/解调器对)被独一无二的已知符号序列识别。在这些实施例中, 相关器 132 可以向选择逻辑 128 指示适当解调器的识别。替代地, 所有调制解调器和子信号可以使用相同的已知序列。在这些实施例中, 以及当使用静默期时, 在执行合适的初始同步之后, 选择逻辑和复用器 124 通常按照每个检测到的相关性的顺序在解调器之间进行交替。

在某些实施例中, 虽然不必需, 但是选择逻辑 128 和去复用器 124 可以使用同步机制, 以确保适当的去复用器被切换, 以去复用每个子信号。这样的同步可以通过在发射器处插入附加符号而做出, 其将每

个子信号或子流映射到适当的去复用器。

当使用静默期时，能量或功率检测器被用来取代相关器 132。该能量检测器计算复合信号的瞬时功率。当该能量检测器的输出指示静默期时（例如，当输出有预定时段低于预定门限时），该能量检测器向选择逻辑 128 指示检测到边界。任何合适的能量检测电路可以被用于这个目的。

在某些实施例中，所有解调器 80 中的某些能够提供同步-关联指示讯息，其可以为分离器 76 所用，以检测子信号边界。例如，某些解调器包括物理层（PHY）相关器 144，其用前导码、中间导码或其他为该调制解调器所用的已知符号序列检测相关性。该 PHY 相关器的输出，在图 3 中用“B”表示，有时可以被提供给选择逻辑 128，并被用作识别子信号边界的触发器。虽然图 3 仅示出了一个连接到选择逻辑 128 的 PHY 相关器输出，但是任何或所有解调器 80 的 PHY 相关器输出可以被相似地连接，作为逻辑 128 的输入。

在某些情形下，诸如当使用流调制解调器时，已知已调制符号的序列可以被复用器 32 或发射器中的组合器 44 插入，以标记子信号之间的边界。

在某些实施例中，发射器 24 将已知位序列插入输入数据流，以标记被不同调制器和解调器所处理的子信号之间的边界。例如，当发射器中的去复用器 32 将输入数据分割成不同的子信号时，它可以将已知位的序列添加到每个子流的开端或末尾。这些位序列不应与上述已知符号序列混淆，后者包含已调制符号而非数据位。

使用已知位序列标记子流边界（从而标记子信号边界）可以被用在，例如，当使用流调制解调器时，此时不保证每个子信号都以已知符号序列开始或结束。替代地，在某些解调器中，向分离器 76 提供 PHY 相关器的输出是不可能或不实际的。已知位序列的存在通常对调制器和解调器透明。这些位序列在接收器处被抛弃，诸如被复用器 84 抛弃。

当子信号之间的边界被已知位序列标记后，解调器 80 的输出处的位相关器 156 计算解调器的已解调输出之间的相关性和所需位序列之间的相关性。位相关器的输出，在该图中用“C”表示，被提供给选择

逻辑 128。该选择逻辑基于检测到的位序列相关性切换复用器 124。

选择逻辑 128 可以使用单个边界指示符（例如，采样相关器 132、PHY 相关器 144 或位相关器 156 的输出）或指示符的组合，以控制复用器 144。例如，当使用突发调制解调器时，该选择逻辑可以对突发之间静默期的检测进行组合，以及对调制解调器的 PHY 相关器输出进行组合，以确定子信号边界。选择逻辑 128 可以使用任何合适的优先权、判据或规则，以基于不同的指示确定边界。

### 自适应环补偿

如上所记，链路 20 的调制器和解调器以局部占空比工作。这些解调器常常具有自适应环，其基于接收到的信号估计调制器和解调器之间的时序、相位和/或频率偏移。当调制器 36 和解调器 80 包含流调制器和解调器时，这些自适应环可以因调制解调器工作于其中的局部占空比而被打断（disrupt）。

该局部占空比效应通常在流调制解调器中比在突发调制解调器中更显著，因为突发调制解调器首先已经以该局部占空比工作。无论如何，当调制器 36 和解调器 80 包含突发调制器和解调器时，这些解调器可以将来自先前突发的时序、相位和/或频率偏移估计用作当前接收到的突发的环的初始估计。

例如，解调器 80 包含载波相位估计单元 148，其估计该解调器和相应调制器 36 之间的载波相位偏移。单元 148 的输出被相位修正单元 152 用来补偿这个相位偏移。在另一方面，当这样的调制解调器在链路 20 中工作时，该调制解调器实际上仅在部分时间内执行调制和解调，以及相位跟踪和修正。

然而，调制器和解调器之间的相位误差随时间持续累加，不论该调制解调器实际上是否工作。结果是，该解调器可以在每个子信号间隔的开端遭遇载波相位不连续性，这可以降低该解调器的性能甚或导致该解调器失去相位锁。

在某些实施例中，解调器 80 和分离器 76 估计并补偿在该解调器的空闲期（即，从所讨论的子信号的先前间隔的末尾到当前间隔的开端）内累加的相位，以消除或减弱相位不连续性效应。例如，解调器

80 可以估计所累加的相位，诸如通过将调制器和解调器之间的频率偏移（其通常由相位估计单元 148 算得）乘以空闲间隔持续时间。单元 148 的输出，在图 3 中用“D”表示，被提供给分离器 76 中的相位修正单元 160，其平移该子信号的相位以补偿所累加的相位。

在替代实施例中，当所有调制器同步到单个时钟且所有解调器同步到单个时钟时，相位补偿可以被应用到接收到的复合信号，以取代使用单元 160 为每个子信号应用分离相位补偿。进一步替代地，流调制解调器的相位偏移可以从特定子信号间隔开端处的已知符号或位的序列中被估计，继而沿着该间隔被跟踪，与突发调制解调器的工作相似。

在某些情形下，流调制解调器的其他自适应环，诸如时序恢复或自动增益控制（AGC），在空闲间隔上可经受相似的不连续性。这些不连续性可以用相似的方式被补偿。

### 频谱掩模考虑

因为复合信号的数据率高于个体子信号的数据率，所以通过无线电 (over the air) 发射的复合信号占据比每个子信号更宽的带宽。然而，在许多实际情形下，由发射器 24 发射的复合信号的频谱响应被要求不超过特定频谱掩模，诸如为了满足特定频谱配给或为了符合特定标准或无线电接口 (air interface)。

当每个子信号的采样被复用以形成复合信号时，这些采样的采样率增大特定倍数。例如，当以  $R$  采样每秒采样的三个子信号被复用时，该复合信号的采样率是  $3 \cdot R$ 。因此，该复合信号的频谱响应通常加宽到个体子信号的频谱响应的相同倍数。这样，将每个子信号设计为符合从特定掩模除以这个因数而得出的频谱掩模，通常确保了复合信号符合特定频谱掩模。

即使有适当设计的子信号，符合信号也可以因瞬态响应 (transient response) —— 其当从一个调制器切换到另一个调制器时产生 —— 而偏离特定频谱掩模。某些瞬态响应是由调制器的脉冲整形滤波器的冲激响应的截断 (truncation) 导致的。可以采用不同的措施来减弱或消除这些瞬态。

例如，当使用突发调制解调器时，保护间隔，即静默期，可以被插到相继的突发之间，以允许脉冲整形滤波器的冲激响应从其在先前突发末尾处的值开始衰减，并且该滤波器在保护间隔的末尾向下一个突发的开端攀升。

当使用流调制解调器时，可以通过使用已知符号的序列标记子信号之间的边界以使该边界几乎没有或没有振幅/相位不连续性来减弱瞬态响应。例如，已知符号序列可以被设计为，相对于其中心对称，且其长度至少是发射器和接收器脉冲整形滤波器的持续时间。

### 多调制解调器通信方法描述

图 4 是根据本发明的一个实施例示意性地示出了用于使用多个调制解调器以高数据率通信的方法的流程图。该方法始于，在分割步骤 170，发射器 24 中的去复用器将输入信号流分割成多个子流并将这些子流去复用到调制器 36。在调制步骤 174，调制器 36 处理各子流，以产生已调制子信号。在交织和传输步骤 178，组合器 44 将这些子信号交织以形成复合信号，该复合信号被发射到接收器 28。

发射器 24 使用上述任何边界指示符——例如使用静默期、已知符号的序列和/或已知位序列——来标记为不同子信号所用的时间间隔之间的边界。

在接收步骤 182，接收器 28 接收复合信号。在边界识别步骤 186，分离器 76 识别被发射器插入的边界指示符。该分离器可以使用上述任何识别方法和指示讯息，例如静默期检测和/或用已知位或符号序列进行相关性检测。该分离器可以使用它自己的检测机制（诸如使用内部采样相关器）或使用由解调器 80 提供的同步指示讯息。

在去复用步骤 190，分离器 76 基于所识别的边界去复用该复合信号以再造这些不同子信号，并将这些子信号分配到解调器 80。在解调步骤 194，解调器处理各子信号，以再造这些子流。复用器 84 组合这些子流，以重构该高速率数据流。

虽然本文描述的实施例主要针对无线链路，但本发明的原理也可以被用在有线链路中以及其他高数据率通信应用中。

这样，应意识到，上述实施例仅借助实例来引证，本发明不限于

---

本文中具体示出和描述的内容。更确切地，本发明的范围包括本文描述的多种特征的组合和子组合，以及本领域技术人员在阅读前文描述后能想到的、现有技术中未公开的变更和修改。



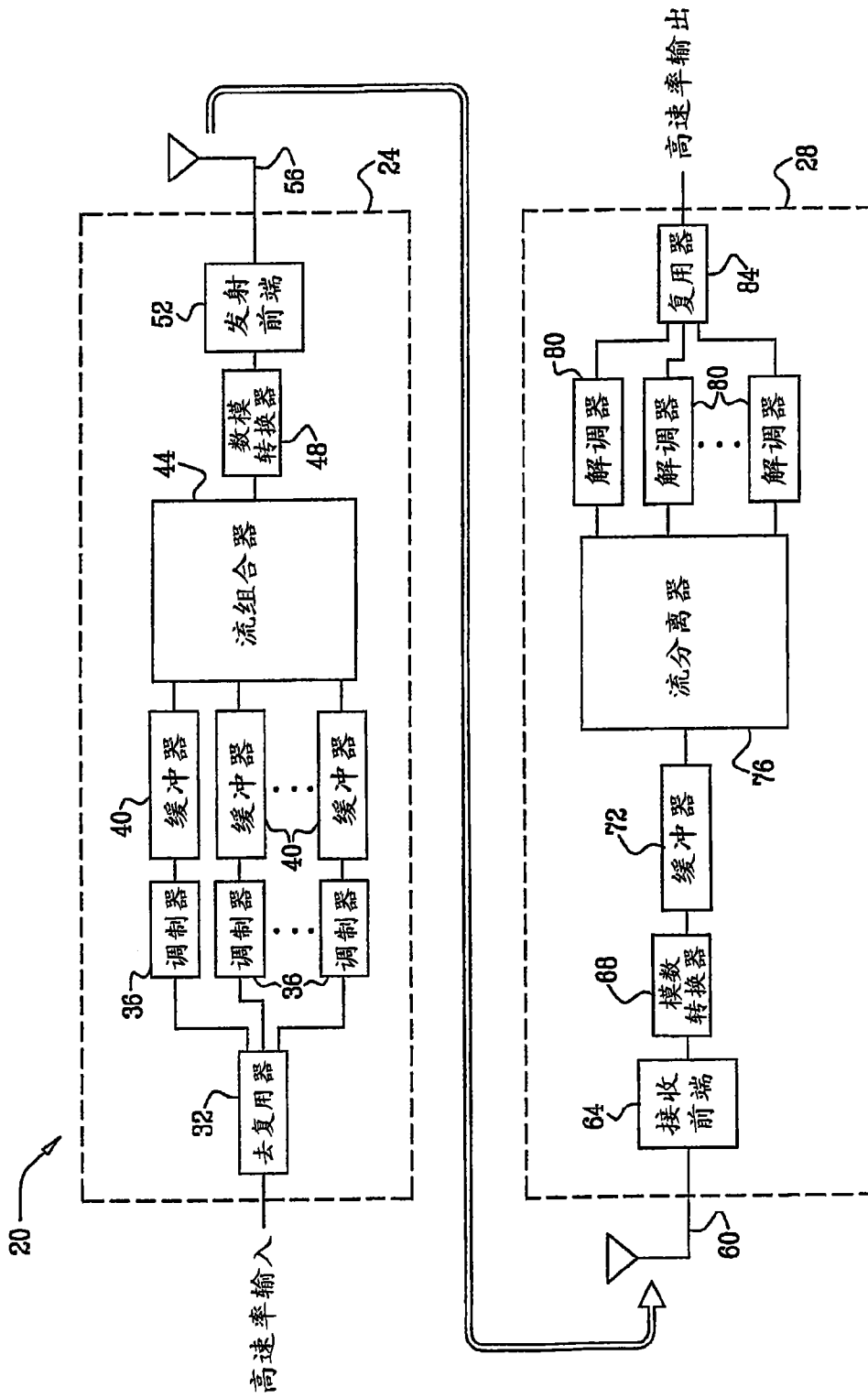


图 1

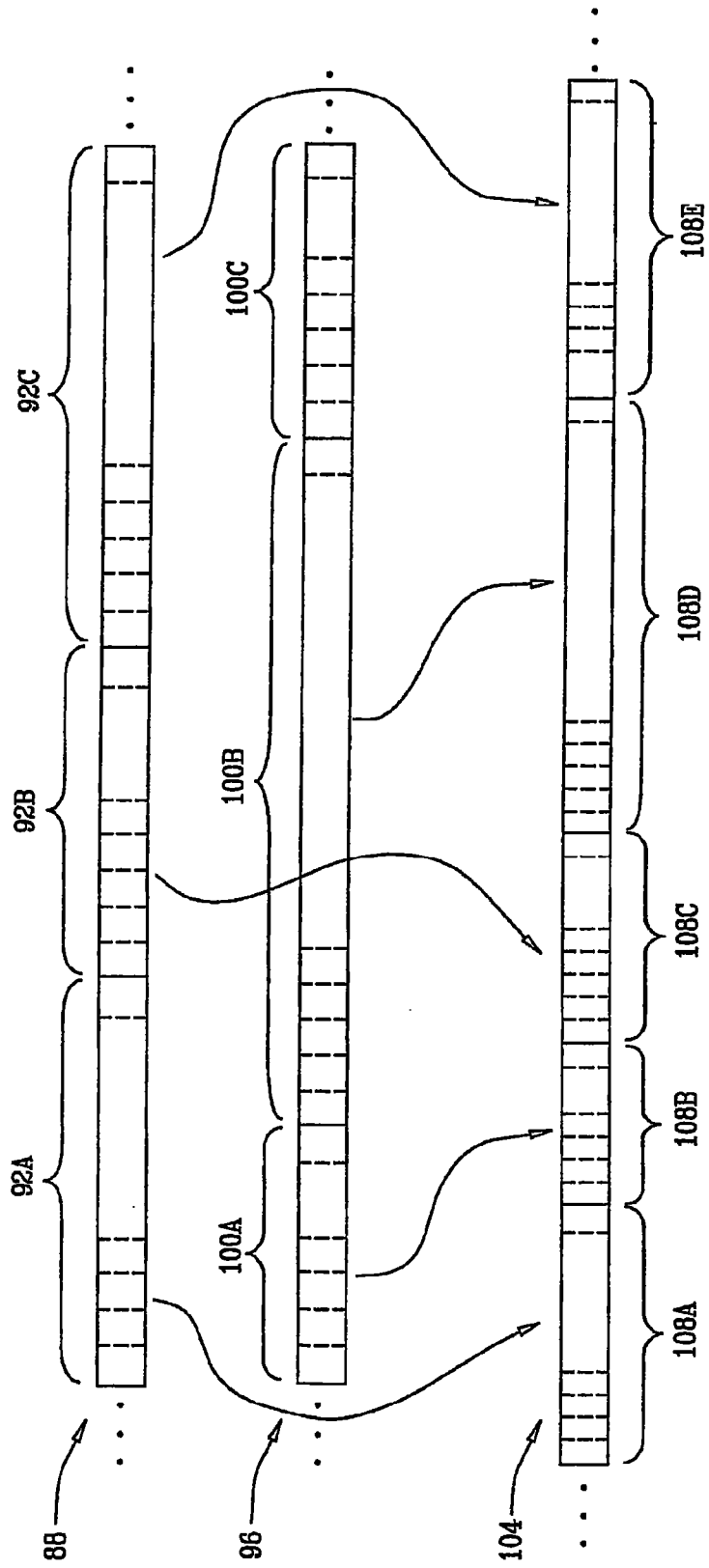


图 2

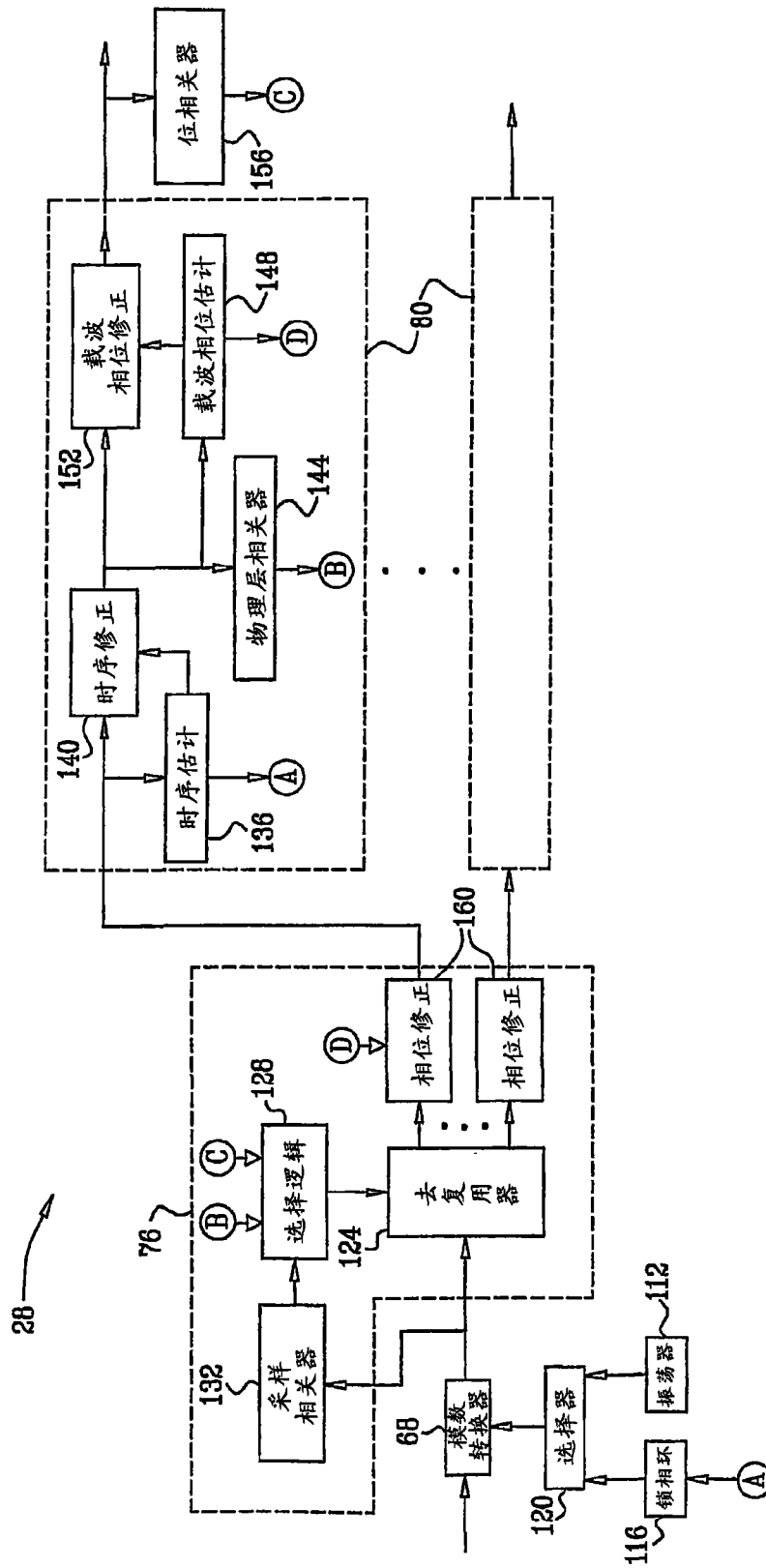


图 3

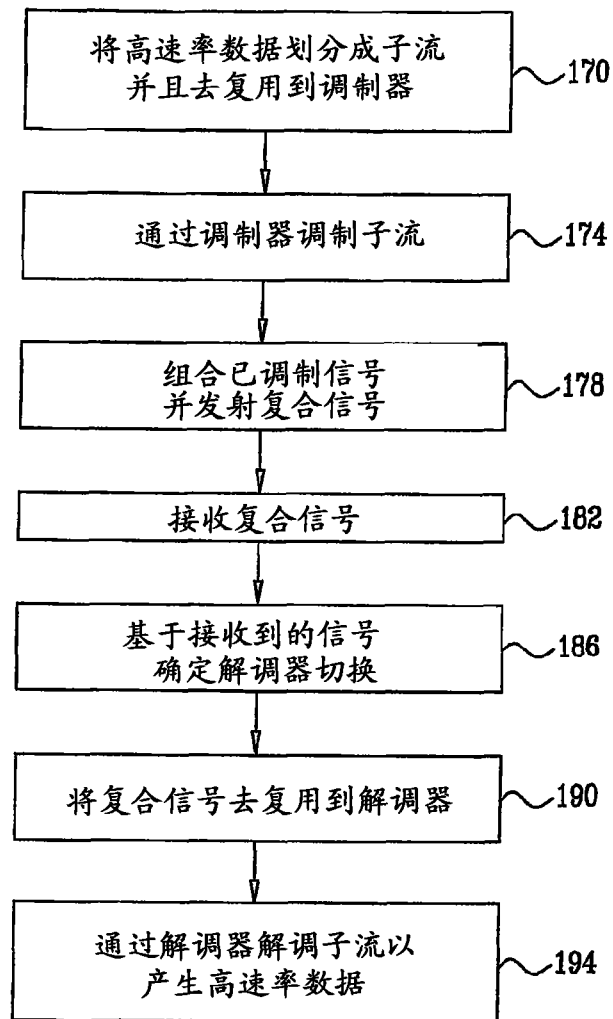


图 4