

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95197374.6

[45] 授权公告日 2002 年 5 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1084117C

[22] 申请日 1995.12.1 [24] 颁证日 2002.5.1
 [21] 申请号 95197374.6
 [30] 优先权
 [32] 1995.1.20 [33] US [31] 08/375,848
 [86] 国际申请 PCT/US95/15641 1995.12.1
 [87] 国际公布 WO96/22662 英 1996.7.25
 [85] 进入国家阶段日期 1997.7.18
 [73] 专利权人 埃瑞康姆公司
 地址 美国加利福尼亚州
 [72] 发明人 克雷格 H·巴勒特 戴维 M·帕里什
 理查 H·罗伊 III
 [56] 参考文献

US 5103459	1992. 4. 7	H04L27/30
US 5260968	1993. 11. 9	H04K1/00
WO 9312590A	1993. 6. 24	H04Q7/22
WO 9409568A	1994. 4. 28	H04B1/10

审查员 程 东

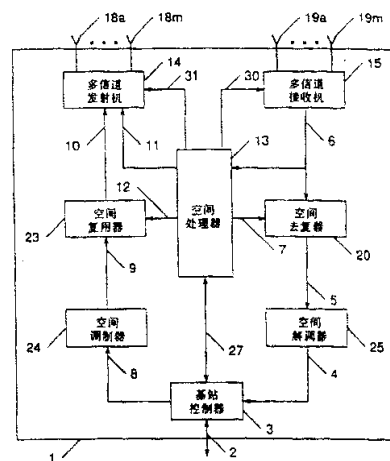
[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司
 代理人 郑 立 余 滕

权利要求书 11 页 说明书 25 页 附图页数 9 页

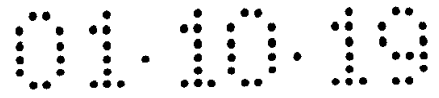
[54] 发明名称 高频谱效用的高容量无线通信系统

[57] 摘要

一种无线通信系统包括一个基站(1)的网络,用于接收从多个远程终端(69)发送的上行链路信号,和用于向该远程终端发送下行链路信号。每个基站(1)包括多个用于发送下行链路信号的发送天线部件(18),和用于接收上行链路信号的接收天线部件(19),一个与天线部件连接的信号处理器(13),用于确定空间特征和多路复用和去复用功能。一个多基站控制器(66)被用来使网络性能得到优化。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

5 1. 一种无线通信系统，用于计算从多个远程终端利用一公共上行链路信道发送的上行链路信号，所述系统包括至少一个基站，该系统包括：

在所述至少一个基站中的接收装置，其包括多个天线部件和接收机的接收装置，用于产生从所述多个远程终端利用一公共上行链路信道发送的上行链路信号的组合的测量值，

10 接收空间处理装置，利用所述测量值确定和存储所述多个远程终端的接收空间特征，

空间去复用装置，利用所述接收空间特征和所述测量值产生分离的上行链路信号。

15 2. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述接收空间处理装置包括：

一个接收空间特征表，它包括用于每个所述远程终端和所述公共上行链路信道的接收空间特征，

接收空间特征确定装置，用于确定所述的接收空间特征，

20 一个接收信道选择器，其利用所述接收空间特征确定所述公共上行链路信道是否能由一额外远程终端进一步共享。

3. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述接收空间处理装置进一步包括：

25 一个接收空间加权处理器，用于为所述多个远程终端计算空间去复用加权值，所述去复用加权值由所述空间去复用装置使用以计算所述上行链路信号。

4. 根据权利要求 3 的无线通信系统，其中所述接收空间加权处理器根据矩阵 W_{rx} 的列确定所述去复用加权值， W_{rx} 为如下所示：

30

$$W_{rx}=(A_{br}P_rA^*_{br}+R_{nn})^{-1}A_{br}P_r$$

其中 $(\cdot)^*$ 是一矩阵的复数共轭转置， R_{nn} 是基站接收机噪声协方差矩阵， P_r 是由远程终端发送功率的对角矩阵， A_{br} 是一个去复用空间特征矩阵，它的列是用于所述多个远程终端和所述公共上行链路信道

35

的所述接收空间特征。

5. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述公共上行链路信道是多个上行链路信道之一，其中所述接收空间处理装置包括：

5 分配给所述上行链路信道的至少一个信道的远程终端的有效远程终端表，

一个空间特征表，其包括用于所述多个远程终端中每个远程终端和所述多个上行链路信道中每个信道的接收空间特征，

10 接收空间特征确定装置，用于确定所述接收空间表中的所述接收空间特征，

一个接收信道选择器，利用所述有效远程终端表和所述空间特征表确定所述有效远程终端表中的每个远程终端向所述多个上行链路信道中至少一个信道的分配，和

15 一个接收空间加权处理器，用于为所述有效远程终端表中每个终端和分配给所述有效远程终端表中至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道计算空间去复用加权值，所述去复用加权值由所述空间去复用装置使用以计算所述上行链路信号。

20 6. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述公共上行链路是多个上行链路信道之一，所述至少一个基站是多个基站之一，所述接收空间处理装置是多个接收空间处理装置之一，所述多个基站中的每个基站具有一个在所述多个接收空间处理装置中的相应接收空间处理装置，在所述多个接收空间处理装置中的每个接收空间处理装置包括：

25 分配给所述上行链路信道的至少一个信道的远程终端的有效远程终端表，

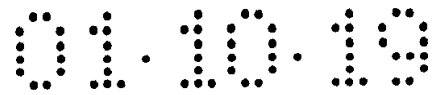
一个空间特征表，其包括用于所述多个远程终端中每个远程终端和所述多个上行链路信道中每个信道的接收空间特征，

接收空间特征确定装置，用于确定所述接收空间表中的所述接收空间特征，和

30 一个接收空间加权处理器，用于为所述有效远程终端表中每个终端和分配给所述有效远程终端表中至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道计算空间去复用加权值，所述去复用加权值由所述空间去复用装置使用以计算所述上行链路信号，

所述系统进一步包括：

35 联合信道选择器装置，用于联合确定在每个所述有效远程终端表中的每个远程终端向所述多个上行链路信道的至少一个信道和向所述



多个基站中的至少一个基站的分配，

通信装置，用于在所述多个基站中的每个基站与所述联合信道选择器装置之间通信所述分配的状态。

5 7. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其包括发送装置，该发送装置包括一个发射机和一个天线，用于从所述至少一个基站向所述多个远程终端中的终端发送下行链路信号。

10 8. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述空间去复用装置根据矩阵 W_{rx} 的列计算用于所述公共上行链路信道的空间去复用加权值， W_{rx} 为如下所示：

$$W_{rx}=(A_{br}P_rA_{br}^*+R_{nn})^{-1}A_{br}P_r$$

15 其中 $(\cdot)^*$ 是一矩阵的复数共轭转置， $(\cdot)^{-1}$ 是一矩阵的逆， R_{nn} 是基站接收机噪声协方差矩阵， P_r 是由远程终端发送功率的对角矩阵， A_{br} 是一个去复用空间特征矩阵，它的列是用于所述多个远程终端和所述公共上行链路信道的所述接收空间特征，所述空间去复用装置利用所述空间去复用加权值计算所述上行链路信号。

20 9. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述系统包括一个由所述多个远程终端中的每个远程终端共同设置的转发器，和其中所述接收空间处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述接收空间特征。

25 10. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述多个远程终端中的每个远程终端包括一个转发器，利用从至少一个转发器转发的信号确定所述接收空间特征。

30 11. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述接收空间处理装置利用所述天线部件的已知位置和定向，以及来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的到达方向确定所述接收空间特征。

35 12. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述接收空间处理装置利用所述天线部件的已知位置和定向，以及所述多个远程终端的已知位置确定所述接收空间特征。

5 13. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其中所述上行链路信号具有预定的调制格式参数，所述接收空间处理装置利用来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的预定调制格式参数确定所述接收空间特征。

14. 根据权利要求 1 的无线通信系统，其进一步包括：

10 包括多个发送天线部件和发射机的发送装置，利用一公共通常下行链路信道向所述多个远程终端发送多路复用的下行链路信号，

发送空间处理装置，用于为所述多个远程终端确定和存储发送空间特征，

空间复用装置，利用所述发送空间特征和下行链路信号产生所述被复用的下行链路信号。

15 15. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述接收装置和所述发送装置利用双工器共享公共的天线部件。

16. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述接收装置和所述发送装置利用发送/接收转换器共享公共的天线部件。

20 17. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述公共上行链路信道是多个上行链路信道之一，所述公共下行链路信道是多个下行链路信道之一，其中所述接收空间处理装置和所述发送空间处理装置包括：

25 一个有效远程终端表，它包括一个分配给所述多个上行链路中的至少一个信道的远程终端表和分配给所述多个下行链路中的至少一个信道的远程终端表，

30 一个空间特征表，其包括用于所述多个远程终端中的每个远程终端和所述多个上行链路信道中每个信道的接收空间特征，和用于所述多个远程终端中的每个远程终端和所述多个下行链路信道中每个信道的发送空间特征，

接收空间特征确定装置，用于确定所述接收空间特征，

发送空间特征确定装置，用于确定所述发送空间特征，

35 一个信道选择器，利用所述有效远程终端表和所述空间特征表确定所述有效远程终端表中的每个远程终端向所述多个上行链路信道中至少一个信道和所述多个下行链路信道中至少一个信道的分配。

18. 根据权利要求 17 的无线通信系统，其中所述接收空间处理装置和所述发送空间处理装置包括：

5 一个接收空间加权处理器，用于为分配给每个所述上行链路信道的所述有效远程终端表中的每个终端计算空间去复用加权值，和为分配给所述有效远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路的每一个信道计算空间去复用加权值，所述去复用加权值由所述空间去复用装置使用以计算所述上行链路信号，

10 一个发送空间加权处理器，用于为分配给每个所述下行链路信道的所述有效远程终端表中的每个终端计算空间复用加权值，和为分配给所述有效远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路的每一个信道计算空间复用加权值，所述复用加权值由所述空间复用装置使用以计算所述下行链路信号。

15 19. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述至少一个基站是多个基站之一，所述公共上行链路是多个上行链路信道之一，所述公共下行链路是多个下行链路信道之一，所述接收空间处理装置是多个接收空间处理装置之一，所述发送空间处理装置是多个发送空间处理装置之一，所述多个基站中的每个基站具有一个在所述多个接收空间处理装置中的相应接收空间处理装置和一个在所述多个发送空间处理装置中的相应发送空间处理装置，在所述多个接收空间处理装置中的每个接收空间处理装置和在所述多个发送空间处理装置中的每个发送空间处理装置包括：

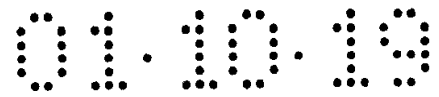
20 一个有效远程终端表，它包括一个分配给所述多个上行链路中的至少一个信道的远程终端表和分配给所述多个下行链路中的至少一个信道的远程终端表，

30 一个空间特征表，其包括用于所述多个远程终端中的每个远程终端和所述多个上行链路信道中每个信道的接收空间特征，和用于所述多个远程终端中的每个远程终端和所述多个下行链路信道中每个信道的发送空间特征，

接收空间特征确定装置，用于确定所述接收空间特征，

发送空间特征确定装置，用于确定所述发送空间特征，

35 一个接收空间加权处理器，用于为分配给每个所述上行链路信道的所述有效远程终端表中的每个终端计算空间去复用加权值，和为分配给所述有效远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路的每一个信道计算空间去复用加权值，所述去复用加权值由所述空间去复



用装置使用以计算所述上行链路信号，

一个发送空间加权处理器，用于为分配给每个所述下行链路信道的所述有效远程终端表中的每个终端计算空间复用加权值，和为分配给所述有效远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路的每一个信道计算空间复用加权值，所述复用加权值由所述空间复用装置使用以计算所述下行链路信号，

所述系统进一步包括：

联合信道选择器装置，用于联合确定在每个所述有效远程终端表中的每个远程终端向所述多个上行链路信道的至少一个信道和所述多个下行链路信道的至少一个信道和向所述多个基站中的至少一个基站的分配，

通信装置，用于在所述多个基站中的每个基站与所述联合信道选择器装置之间通信所述分配。

20. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述空间复用装置根据矩阵 W_{tx} 的行计算用于所述公共下行链路信道的空间复用加权值， W_{tx} 为如下所示：

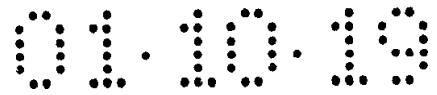
$$W_{tx} = S_b (A_{rb} A_{rb}^*)^{-1} A_{rb}$$

其中 $(\cdot)^*$ 是一矩阵的复数共轭转置， S_b 是所述下行链路信号之幅度的对角矩阵， A_{rb} 是一个复用空间特征矩阵，它的行是用于所述多个远程终端和所述公共下行链路信道的所述发送空间特征，所述空间复用装置利用所述空间复用加权值产生所述被复用的下行链路信号。

21. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述系统包括一个由所述多个远程终端中的每个远程终端共同设置的转发器，和其中所述接收空间处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述接收空间特征。

22. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述多个远程终端中的每个远程终端包括一个转发器，和其中所述发送空间处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述发送空间特征。

23. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述下行链路信号具有预定的调制格式参数，所述发送空间特征由所述多个远程终端中的



相应终端利用所述下行链路信号的预定调制格式参数确定。

5 24. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述发送空间处理装置利用所述发送天线部件的已知位置和定向，以及来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的到达方向的估计确定所述发送空间特征。

10 25. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述下行链路信号和所述上行链路信号在同是频率上发送，和所述发送空间处理装置通过根据所述接收空间特征直接对其计算确定所述发送空间特征。

26. 根据权利要求 14 的无线通信系统，其中所述发送空间处理装置利用所述天线部件的已知位置和定向，以及所述多个远程终端的已知位置确定所述发送空间特征。

15 27. 一种无线通信系统，其包括至少一个基站，利用一个公共下行链路信道向多个远程终端发送，该系统包括：

在所述至少一个基站中包括多个发送天线部件和发射机的发送装置，用于向所述多个远程终端发送多路复用的下行链路信号，

20 发送空间处理装置，用于为所述多个远程终端确定发送空间特征，

空间复用装置，利用所述发送空间特征和下行链路信号产生所述被复用的下行链路信号，

由此所述至少一个基站能够在所述公共下行链路信道上向所述多个远程终端同时地发送所述下行链路信号。

25 28. 根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述公共下行链路信道是多个下行链路信道之一，其中所述发送空间处理装置包括：

分配给所述下行链路信道的至少一个信道的远程终端的有效远程终端表，

30 一个空间特征表，其包括用于所述多个远程终端中每个远程终端和所述多个下行链路信道中每个信道的接收空间特征，

发送空间特征确定装置，用于确定所述发送空间特征，和

35 一个发送信道选择器，利用所述有效远程终端表和所述发送空间特征表确定所述有效远程终端表中每个远程终端向所述多个下行链路信道的至少一个信道的分配。



29. 根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述发送空间处理装置进一步包括：

5 一个发送空间加权处理器，用于为分配给每个所述下行链路信道的所述有效远程终端表中的每个终端计算空间复用加权值，和为分配给所述有效远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路的每一个信道计算空间复用加权值，所述复用加权值由所述空间复用装置使用以计算所述下行链路信号。

10 30. 根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述至少一个基站是多个基站之一，所述公共下行链路是多个下行链路信道之一，所述发送空间处理装置是多个发送空间处理装置之一，所述多个基站中的每个基站具有一个在所述多个发送空间处理装置中的相应发送空间处理装置，在所述多个发送空间处理装置中的每个发送空间处理装置包括：

15 一个有效远程终端表，它包括一个分配给所述多个下行链路中的至少一个信道的远程终端表，

一个空间特征表，其包括用于所述多个远程终端中的每个远程终端和所述多个下行链路信道中每个信道的发送空间特征，

发送空间特征确定装置，用于确定所述发送空间特征，

20 一个发送空间加权处理器，用于为分配给每个所述下行链路信道的所述有效远程终端表中的每个终端计算空间复用加权值，和为分配给所述有效远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路的每一个信道计算空间复用加权值，所述复用加权值由所述空间复用装置使用以计算所述下行链路信号，

25 所述系统进一步包括：

联合信道选择器装置，用于联合确定在每个所述有效远程终端表中的每个远程终端向所述多个下行链路信道的至少一个信道和向所述多个基站中的至少一个基站的分配，

30 通信装置，用于在所述多个基站中的每个基站与所述联合信道选择器装置之间通信所述分配。

31. 根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述空间复用装置根据矩阵 W_{tx} 的行计算用于所述公共通常下行链路信道的空间复用加权值， W_{tx} 为如下所示：

35

$$W_{tx} = S_b (A_{rb} A_{rb}^*)^{-1} A_{rb}$$

其中 $(\cdot)^*$ 是一矩阵的复数共轭转置， S_b 是所述下行链路信号之幅度的对角矩阵， A_{rb} 是一个复用空间特征矩阵，它的行是用于所述多个远程终端和所述公共下行链路信道的所述发送空间特征，所述空间复用装置利用所述空间复用加权值产生所述被复用的下行链路信号。

5

32. 根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述系统包括一个由所述多个远程终端中的每个远程终端共同设置的转发器，和其中所述接收空间处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述接收空间特征。

10

33. 根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述多个远程终端中的每个远程终端包括一个转发器，和其中所述发送空间处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述发送空间特征。

15

34. 根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述下行链路信号具有预定的调制格式参数，所述发送空间特征由所述多个远程终端中的相应终端利用所述下行链路信号的预定调制格式参数确定。

20

35. 根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述发送空间处理装置利用所述发送天线部件的已知位置和定向，以及所述多个远程终端的已知位置确定所述发送空间特征。

36. 基站，包括：

25

一发送装置，包括多个发送天线和发射机，用于向多个远程终端发送多路复用下行链路信号；以及

一个或多个空间处理装置，用于为每个远程终端产生一个空间特征，并利用所述空间特征和下行链路信号产生多路复用下行链路信号，其中，所述发送装置在一个公用下行链路信道上将下行链路信号同时发送给多个远程终端。

30

37. 根据权利要求 36 的基站，所述空间处理装置包括空间复用装置，其利用所述空间特征和下行链路信号产生所述多路复用下行链路信号。

35

38. 根据权利要求 36 的基站，所述空间处理装置包括一个有效远

程终端表，其包括分配给多个下行链路信道的至少一个远程终端的列表。

5 39. 根据权利要求 38 的基站，所述空间处理装置包括空间特征表，其包括与每个远程终端和每个下行链路信道相关生成的空间特征。

10 40. 根据权利要求 39 的基站，所述空间处理装置包括一信道选择器，其与所述有效远程终端表和所述空间特征表耦合，并且至少部分地根据空间特征信息为所述有效终端表中每一远程终端确定下行链路信道中的至少一个信道的分配。

15 41. 根据权利要求 36 的基站，所述空间处理装置包括一空间特征表，其包括与多个远程终端的每一个终端相关并与多个下行链路的每一个信道相关生成的空间特征。

20 42. 根据权利要求 36 的基站，所述空间处理装置包括一个信道选择器，其至少部分地根据空间特征信息为由所述基站提供服务的每一远程终端确定信道分配。

25 43. 根据权利要求 36 的基站，所述空间处理装置包括一个空间加权处理器，用于为分配了下行链路信道的每个远程终端计算空间多路复用加权值。

44. 根据权利要求 43 的基站，进一步包括一多路复用器，其与所述空间加权处理器耦合，利用所计算的空间多路复用加权值和下行链路信号生成所述多路复用下行链路信号。

30 45. 一种方法，包括：

与由一基站提供服务的多个远程终端中的每一个远程终端相关地生成一空间特征，所述基站包括由多个发送天线和发射机构成的一个发送装置；

与多个远程终端中的至少一个子集相关地多路复用所述空间特征和下行链路信号，以生成多路复用下行链路信号；以及

35 经所述发送装置在一公用下行链路信道上同时地发送所述多路复用下行链路信号到所述多个远程用户终端。

46. 根据权利要求 45 的方法，其中生成空间特征的步骤包括定量地表征对一特定信道来说一相关的远程终端是如何从每一天线接收信号的。

5 47. 根据权利要求 45 的方法，进一步包括对分配了下行链路信道的由所述基站提供服务的每一有效远程终端计算空间多路复用加权值。

10 48. 根据权利要求 47 的方法，进一步包括将所计算的空间多路复用加权值应用到相关的下行链路信号上以生成多路复用下行链路信号。

说明书

高频谱效用的高容量无线通信系统

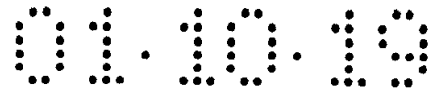
5 本发明涉及无线通信系统，特别是涉及利用天线矩阵和信号处理以显著地增加无线通信系统的容量和性能。

10 无线通信系统可以被用来做为一种补充设施，和在某些情况下在传统的有线系统不能使用、不可靠或成本过高的地区取代传统的有线通信系统。这些地区的例子有：具有很小数量的分散用户的乡村地区；几乎没有或没有现代基础结构、可靠性敏感应用的不发达地区，在这些地区有线基础结构是不可靠的；以及垄断有线业务的经营者维持人为高价格的政治环境。甚至在都市地区和高度发达国家，无线通信系统可被用于实现低成本的随处通信、新的灵活的数据业务，和紧急通信系统。总之，无线通信系统可用于话音通信，如同传统的电话系统一样，也可在基于无线的宽域或局域网内用于数据通信。

15 无线用户利用诸如蜂窝电话和设置在无线收发射机上的数据调制解调器的远程终端访问无线通信系统。这样的系统(特别是远程终端)具有用于初始呼叫，接收呼叫和总的信息传递的协议。信息传递可以实时方式实现，诸如以电路交换话音通话和传真的情况，或者以存储转发方式实现，诸如经常为电子邮件，寻呼和其他类似的消息传递系统。

20 为了工作，无线通信系统通常要被分配有一部分射频频谱。被分配的这部分频谱被分成多个通信信道。这些信道可通过频率、时间、编码、或上述的组合来区别。这些信道中的每一个在这里将被称作"常规信道"。取决于可用的频率分配，无线系统可能具有从一个到几百个通信信道。为了提供全双工通信链路，典型地是，这些通信信道中的一些被用作从基站到用户远程终端的通信(下行链路)，而还有一些被用作从用户远程终端到基站的通信(上行链路)。

25 无线通信系统通常具有一个或多个无线基站，其中每一个都覆盖一个称为网孔的地理区域，并经常作为一个提供与诸如公共电话交换网(PSTN)的广域网连接的存在点(POP)。在使系统的用户所受干扰量最



小化的每次尝试中，经常将可用信道的一个预定子集分配给每个无线基站。在其网孔内，一个无线基站能通过使用用于每个远程终端的不同的通常的通信信道同时与多个远程终端通信。

5 如上所述，基站能够起着提供与一个或多个有线通信系统连接的POP的作用。所述系统包括局域数据网，广域数据网和PSTN。这样，向用户提供对局域和/或广域数据业务和局域公共电话系统的访问。基站还可被用于提供局域连接，而无需直接访问有线网，例如在局域区域中的急救和移动战地通信系统。基站还能提供各种各样的连接。在
10 上述的例子中，假设为点对点通信，其中两用户间双向流动的信息量基本相等。在其他诸如交互性电视的应用中，信息被同时向所有用户广播，在基站中将来自多个远端单元的响应进行处理。

15 然而，通常的无线通信系统比较起来频谱利用率不高。在通常的无线通信系统中，在任意一个时间，仅一个远程终端能够使用网孔内的任何一个通常的信道。如果网孔内一个以上的远程终端想要在同一时间使用同一信道，则与该远程终端相关的下行链路和上行链路会彼此干扰。由于通常的接收机技术不能消除在组合的上行链路和下行链路信号中的干扰，因此，当干扰存在时，远程终端不能与基站进行有
20 效的通信。这样，系统的总容量受到基站所拥有的可用的通常信道数的限制，而在整个系统中，这些信道在多个网孔中是重复使用的。因此，通常的无线通信系统无论在哪也不能提供接近于有线通信系统的容量。

25 因此，本发明的一个目的是利用天线矩阵和信号处理将接收的(上行链路)信号的组合分开。本发明的另一个目的是发送空间复用的下行信号。其结果是显著地提高了无线通信系统的频谱效率、容量、信号质量和覆盖区域。通过允许多个用户同时共享一个网孔内的同一通常信道而彼此互不干扰，以及通过允许在覆盖多个网孔的地理区域内的
30 同一通常信道的多次频率重用使容量增加。信号质量和覆盖区域是通过从多个天线部件接收和发射的信号的智能处理来改进。此外，本发明的又一个目的是通过动态地分配在基站和远端单元中的通常信道提供容量增益。

35 简单地说，本发明包括天线矩阵和信号处理装置，用于对无线通信系统中的接收机和发射机的空间特征进行测量，计算，存储和使用，

以提高系统容量、信号质量、和覆盖范围，降低整个系统的成本。天线矩阵和信号处理装置可使用在基站(POP)和远程终端中。通常，在基站中有着与远程终端不同的处理要求，在基站中多个信号要被集中，而在远程终端中通常仅有有限数量的通信链路要进行安排。

5

作为一个例子，在无线局域环路应用中，一个特定的基站可能作为多个远程终端的 POP，并使用了这里所述的天线矩阵和信号处理。此外，远程终端能够使用天线矩阵和信号处理以进一步改进其容量和信号质量超过处理很少通信链路的较简单的远程终端。在这里，基站与远程终端的区别在于基站一般起着集中器的作用，同时连接多个远端单元，可能地提供与广域网高容量的连接。虽然为了简化的缘故后面的许多讨论以不使用天线矩阵的简单远程终端的术语表示，但这将不会妨碍它的应用。这样，虽然当天线矩阵被使用在远程终端中时上面所述的空间结构将与远程终端首先相关，但基站也具有相关的空间特征。

10

15

20

简单地说，在一个特定的频道上存在着两个与每个远程终端/基站对相关的空间特征。这里，为了讨论的目的，假设只有基站具有天线矩阵。基站使其网孔内的每个远程终端相关联，一个空间特征涉及远程终端如何接收通过该基站的天线矩阵发送给它的信号，另一个空间特征涉及基站的天线矩阵如何接收由该远程终端发送的信号。在一个具有多个通常信道的系统中，每个远程终端/基站对都具有用于每个通常信道的发送和接收空间特征。

25

接收空间特征的特征在于基站天线矩阵如何在一个特定的通常信道接收来自该特定远程终端的信号。在一个实施例中，它是一个复合矢量，包括每个天线部件接收器的响应(相对于一个基准的幅度和相位)，即为一个 M 个元素矩阵：

30

$$\mathbf{a}_{br} = [a_{br}(1), a_{br}(2), \dots, a_{br}(m)]^T \quad (1)$$

其中 $a_{br}(i)$ 是第 i 个接收器对从远程终端发送的单位功率信号的响应。假设由远程终端发送的是一个窄带信号 $s_r(t)$ ，则基站接收机在时间 t 的输出由下式给定：

35

$$z_b(t) = \mathbf{a}_{br} s_r(t - \tau) + n_b(t) \quad (2)$$

其中 τ 是考虑了远程终端与基站天线矩阵之间的平均传播延迟，而 $n_b(t)$ 表示存在于环境和接收机中的噪声。

5 发送空间特征的特征在于远程终端如何在一特定的通常信道接收来自基站中每个天线矩阵部件的信号。在一个实施例中，它是一个复合矢量，包括每个天线矩阵部件发射机输出(被包含在远程终端输出中)的相对量值(相对于一个基准的幅度和相位)，即为一个 M 个元素矩阵：

$$10 \quad a_{rb} = [a_{rb}(1), a_{rb}(2), \dots, a_{rb}(m)] \quad (3)$$

其中 $a_{rb}(i)$ 是相对于从基站矩阵的第 i 个部件发送的单位功率信号该远程终端接收机输出的幅度和幅度位(相对于某个固定基准)。假设复合信号的矢量 $s_b = [s_b(1), \dots, s_b(m)]^T$ 从天线矩阵发送，则远程终端接收机的输出将由下式给定：

$$15 \quad z_r(t) = a_{rb} s_b(t - \tau) + n_r(t) \quad (4)$$

20 其中 $n_r(t)$ 表示存在于环境和接收机中的噪声。在每个基站为其网孔中的每个远程终端和为每个通常信道计算(估计)这两个空间特征，并将其存储在基站中。对于在稳定环境中的固定远程终端和基站，空间特征可以不经常更新。然而，一般的说，射频传播环境中基站和远程终端之间的变化能够改变所述特征并要求使它们更新。今后请注意，

25 括号内的时间变量将被去掉：括号内的整数将仅被用来对矢量和矩阵进行标记。

在前面的讨论中，假设为暂态匹配接收机和发射机。如果在各暂态响应之间存在不同，则可使用如众所周知的暂态滤波技术使其均衡。此外，假使信道带宽比工作的中心频率小。大带宽信道可能需要一个以上的复合矢量以精确地描述输出，如众所周知的。

30 当一个以上的远程终端想要在同一时刻通信时，在基站处的信号处理装置利用远程终端的空间特征确定它们的子集是否能够通过共享一个通常信道与基站通信。在一个具有 M 个接收和 M 个发送天线部件的系统中，多至 M 个远程终端可以在同一时刻共享同一个通常信道。

5 当多个远程终端正共享一个单一的通常的上行链路信道时，在基站处的多个天线部件每一个都对到达的上行链路信号和噪声的组合进行测量。这种组合是由于天线的相对位置、远程终端的位置和 RF 传播环境造成的。信号处理装置对空间去复用加权值进行计算以使得上行链路信号能够从由多个天线部件测量的上行链路信号的组合中分离开来。

10 当在不同的下行链路信号将从基站发送到远程终端的应用中，信号处理装置计算被用来产生复用下行链路信号的空间复用加权值，当从在基站处的天线部件发送时，该加权值导致产生将在每个远程终端接收的具有合适信号质量的正确的下行链路信号。

15 当在相同的信号将要由基站发送到大量的(大于天线部件数)远程终端的应用中，信号处理装置计算用于广播信号，覆盖必要区域的合适加权值，以到达所有的远程终端。

20 因此，信号处理装置使得一个基站与多个远程终端之间在同一通常信道上同时通信变得方便。通常信道可以是频率信道，时分复用系统中的时隙，码分多址系统中的码子，或上述的任何组合。

25 在一个实施例中，一个单一天线矩阵的所有部件发送和接收射频信号，而在另一实施例中，该天线矩阵包括分开的发送天线部件和接收天线部件。发送和接收部件的数量不必相同。如果它们不同，则在一个通常信道中能被同时建立的点对点链路的最大数量由两个数字中较小者给定。

30 通过下面的详细描述并结合附图和所附权利要求，本发明及其目的和特性将会变得更清楚。

图 1 是根据本发明的一个基站的功能框图。

图 2 是在所述基站中的多信道接收机的功能框图。

图 3 是在所述基站中的一个空间去复用器的功能框图。

35 图 4 示出了用于一特定通常信道上的一个远程终端的空间复用器的功能框图。

图 5 是在所述基站中的一个多信道发射机的功能框图。

图 6 是在所述基站中的一个空间处理器的功能框图。

图 7 是一个具有发送-应答器开关的远程终端的功能框图。

图 8 是一个远程终端的功能框图。

图 9 是一个网络系统的示意图，该网络系统由三个基站和一个多
5 基站控制器组成。

标号表

- | | |
|----|-----------------------|
| | 1. 基站 |
| 10 | 2. 基站通信链路 |
| | 3. 基站控制器 |
| | 4. 解调的接收信号 |
| | 5. 空间分离的上行链路信号 |
| | 6. 接收信号测量值 |
| 15 | 7. 去复用加权值 |
| | 8. 要被定向发送的数据 |
| | 9. 将被多路复用发送的已调信号 |
| | 10. 已调的、将被发送的空间多路复用信号 |
| | 11. 将被发送的校准信号 |
| 20 | 12. 复用加权值 |
| | 13. 空间处理器 |
| | 14. 多信道发射机 |
| | 15. 多信道接收机 |
| | 16a. 多信道接收机 |
| 25 | 16m. 多信道接收机 |
| | 17a. 多信道发射机 |
| | 17m. 多信道发射机 |
| | 18a. 发射天线 |
| | 18m. 发射天线 |
| 30 | 19a. 接收天线 |
| | 19m. 接收天线 |
| | 20. 空间去复用器 |
| | 21. 加法器 |
| | 22a. 多路复用器 |
| 35 | 22m. 多路复用器 |
| | 23. 空间多路复用器 |

- 24. 信号调制器
- 25. 信号解调器
- 26a. 多路复用器
- 26m. 多路复用器
- 5 27. 空间控制数据
- 28. 空间参数数据
- 29. 公共接收机振荡器
- 30. 接收机控制数据
- 31. 发射机控制数据
- 10 32. 公共发射机振荡器
- 33. 空间处理器控制器
- 34. 有效远程终端表
- 35. 信道选择器
- 36. 远程终端数据库
- 15 37. 空间加权处理器
- 38. 空间特征处理器
- 39. 远程终端天线
- 40. 远程终端双工器
- 41. 远程终端双工器输出
- 20 42. 远程终端接收机
- 43. 远程终端接收的信号
- 44. 远程终端接收的校准信号
- 45. 远程终端解调器
- 46. 远程终端解调的数据
- 25 47. 远程终端键盘和键盘控制器
- 48. 远程终端键盘数据
- 49. 远程终端显示器数据
- 50. 远程终端显示器和显示器控制器
- 51. 远程终端调制器
- 30 52. 要被发送的远程终端数据
- 53. 要被发送的远程终端已调数据
- 54. 远程终端发射机
- 55. 远程终端发射机输出
- 56. 远程终端发射机控制数据
- 35 57. 远程终端接收机控制数据
- 58. 远程终端麦克风

- 59. 远程终端麦克风信号
- 60. 远程终端扬声器
- 61. 远程终端扬声器信号
- 62. 远程终端中央处理单元
- 5 63. 远程终端发送-应答器开关
- 64. 远程终端发送-应答器开关控制
- 65. 广域网
- 66. 多基站控制器
- 67a. 网孔边界
- 10 67b. 网孔边界
- 67c. 网孔边界
- 68. 高速消息链路
- 69. 远程终端

15 图 1 描述一个基站 1 的优选实施例。基站控制器 3 在基站 1 与经一基站通信链路 2 的任何外部连接之间起着接口的作用，和用来调整整个基站 1 的工作。在该优选实施例中，基站控制器 3 由一个一般的中央处理单元和相关的存储器及程序来实现。

20 输入或上行链路无线传输射落到一个天线矩阵上，该天线矩阵由 m 个接收天线部件 19(a, ..., m) 组成，其中每一个的输出连接到一个相位相干接收机组 15 中的 m 个多信道接收机之一。多信道接收机 15 在整个所考虑的频带内具有匹配良好的幅度和相位响应，或如众所周知，设置校正滤波器以考虑任何差异。

25 所示实施例描述了一个通常的频分多址系统。每个多信道接收机能够处理多个频道。符号 N_{cc} 被用来标注能够由接收机处理的通常频道的最大数值。取决于分配用于无线通信系统工作的频率和为特定通信链路所选的带宽， N_{cc} 可以小至一(一个单一频道)，或大到上千。在
30 替换实施例中，多信道接收机 15 可以是处理多个时隙，多个码，或者这些公知多址技术的一些组合。

在每个通常信道中，接收天线部件 19(a, ..., m) 每一个都对来自
35 共享该通常信道的远程终端的到达上行链路信号组合进行测量。这些组合是由于天线部件的位置，远程终端的位置，和 RF 传播环境导致的，而窄带信号由等式(2)给出。

图 2 描述了各个多信道接收机 16(a, ..., m) 它们具有天线部件连接器, 公共本地接收机振荡器 29(用于每个通常频道的振荡器将在基站中使用), 和被接收信号测量值 6。公共本地接收机振荡器 29 确保来自接收天线部件 19(a, ..., m) 的信号被相干下变化到基带: 对其 N_{cc} 频率进行设置, 以便多信道接收机 16(a, ..., m) 提取出所有所考虑的 N_{cc} 频道。公共本地接收机振荡器 29 由空间处理器 13(图 1) 经接收机控制数据 30 控制。在一个替换实施例中, 其中多个频道都被包含在一个邻接频带中, 公共本地振荡器被用来对整个频带进行下变化, 该整个频带随后被数字化, 而数字滤波器和十中抽一器利用公知的技术提取所需信道的子集。

所示实施例描述了一个频分多址系统。在一个时分多址或码分多址系统中, 公共振荡器 29 将被增大以便通过接收机控制数据 30 分别延迟自空间处理器 13 到多信道接收机 16(a, ..., m) 的公共时隙或公共码信号。在这些实施例中, 多信道接收机 16(a, ..., m) 除了执行下变化到基带外, 它还执行通常时分信道或通常码分信道的选择。

再参考图 1, 多信道接收机 15 产生被接收信号测量值 6, 该测量值被施加到空间处理器 13 和一组空间去复用器 20。在该实施例中, 被接收信号测量值 6 含有用于每个 N_{cc} 频道的 m 个复合基带信号。

图 6 示出了空间处理器 13 的一个更详细的框图。空间处理器 13 为每个通常频道产生和维持用于每个远程终端的空间特征, 和计算由空间去复用器 20 和空间复用器 23 使用的空间复用和去复用加权值。在该优选实施例中, 空间处理器 13 是利用一个通常的中央处理单元来实现。被接收信号测量值 6 进入一个空间特征处理器 38, 该处理器用于对空间特征进行估计和更新。空间特征被存储在远程终端数据库 36 中的一个空间特征表中, 由信道选择器 35 和空间加权处理器 37 使用, 空间加权处理器 37 还产生去复用加权值 7 和多路复用加权值 12。一个空间处理器控制器 33 与空间加权处理器 37 连接, 其还产生接收机控制数据 30, 发射机控制数据 31 和空间控制数据 27。

再参考图 1, 空间去复用器 20 根据空间去复用加权值 7 组合被接收信号测量值。图 3 示出了用于一个单一通常信道的空间去复用器 20。在本实施例中, 空间去复用器 20 中的算术运算是利用一般目的的

算术芯片执行。在图 3 中, $z_b(i)$ 表示一单一通常信道的被接收信号测量值的第 i 分量, 而 $W^*_{rx}(i)$ 表示一个使用该通常信道的远程终端的空间去复用加权值 7 的第 i 分量的复数共轭。

5 对于每个通常信道上的每个远程终端, 空间去复用器 20 利用被接收信号测量值 6 为该通常信道计算空间去复用加权值 7 的内积:

$$W^*_{rx}z_b=W^*_{rx}(1)z_b(1)+\cdots+W^*_{rx}(m)z_b(m) \quad (5)$$

10 其中 $(\cdot)^*$ 表示复数共轭, 括号内的数表示元素号数(例如, $W_{rx}(i)$ 是矢量 W_{rx} 的第 i 个分量), 由乘法器 22(a, \dots , m)执行乘法运算, 由加法器 21 执行相加运算。对于每个通常信道上的每个远程终端, 由等式(5)给定的加法器 21 的输出包括空间分离的上行链路信号 5。

15 再参考图 1, 空间去复用器 20 的输出是每个远程终端与基站通信的空间分离的上行链路信号 5。空间分离的上行链路信号 5。被信号解调器 25 解调, 产生用于每个远程终端与基站通信的已解调的接收信号 4。已解调的接收信号 4 和相应的空间控制数据 27 可由基站控制器 3 得到。

20 在要对由远程终端发送的信号执行信道编码的实施例中, 基站控制器 3 把已解调的接收信号 4 传送到空间处理器 13, 该空间处理器 13 利用公知的解码技术对比特差错率(BERs)进行估计并对照存储在远程终端数据库 36 中的可接受阈值比较该 BERs。如果 BERs 是不能接受的, 则空间处理器 13 对资源重新分配, 以便使问题得到缓和。在一个实施例中, 除了当前信道是不能接受的之外, 利用与添加一个新用户同样的战略, 具有不可接受 BERs 的链路被分配给新的信道, 除非该特定信道的当前一组用户发生变化。此外, 当该通常信道可用时执行用于该远程终端/基站对的接收特征的校准。

30 为了传输, 信号调制器 24 为基站正向其发送的每个远程终端产生已调信号 9, 用于每个远程终端的一组空间多路复用加权值 12 被加到空间复用器 23 中的各个已调信号上。以产生用于 m 个发射天线 18(a, \dots , m)的每一个和每个 N_{cc} 通常信道将要发送的空间复用信号 10。

5 在该所示的实施例中，下行链路通常信道数 N_{cc} 与上行链路通常信道数 N_{cc} 一样。在其它实施例中，可能具有不同的上行链路和下行链路通常信道数。此外，所述信道可以具有不同的类型和带宽，如同交互式电视应用的情况，其中下行链路由宽带视频信道组成且上行链路使用窄带声频/数据信道。

10 此外，该所示实施例示出了相同数量 m 的天线部件，用于发送和接收。在其它实施例中，发送天线部件数与接收天线部件数可以不同，直至和包括发送仅使用一个发送天线部件以一个全方位指向的情况，诸如交互式电视应用中的情况一样。

15 图 4 示出了用于一特定通常信道上的一个远程终端的空间复用器。空间复用器 23 中的算术运算是利用通常目的运算芯片实现。为在该特定通常信道上的远程终端指定的已调信号 9 的分量用 s_b 表示， $W_{tx}(i)$ 表示用于该特定通常信道上的远程终端的空间复用加权矢量 12 的第 i 个分量。

20 对于每个通常信道上的每个远程终端，空间复用器 23 利用其已调信号 s_b 计算其空间复用加权矢量的积(根据空间复用加权值 12):

$$W_{tx}^* s_b = \begin{bmatrix} w_{tx}^*(1) s_b \\ \vdots \\ w_{tx}^*(m) s_b \end{bmatrix} \quad (6)$$

25 其中 $(\cdot)^*$ 表示复数共轭(转置)和由乘法器 26(a, ..., m) 执行乘法运算。对于每个通常信道，等式(6)由用于将被发送到所述通常信道上的每个远程终端的空间复用器 23 估计。相对每个远程终端是一个不同的复用加权矢量和已调信号。对于每个通常信道，空间复用器 23 使要被发送到该通常信道上的每个远程终端的空间复用信号相加，产生已调和空间复用的信号 10，它们是每个通常下行链路信道从每个天线发送的信号。

30 已调和空间复用的信号 10 被输入到一组 m 个相位相干多信道发射机 14。多信道发射机 14 既可在整个所考虑频带上具有匹配良好的幅度和相位响应，也可如众所周知为考虑任何的差异而使用校正滤波器。图 5 描述了具有天线连接器，公共本地发射机振荡器 32 和数字输

入 10 的多信道发射机 17(a, ..., m)。公共本地发射机振荡器 32 确保在发送天线 18(a, ..., m)的发送期间空间复用信号 10 的相对相位不变。公共本地发射机振荡器 32 的频率通过发射机控制数据 31 由空间处理器 13(见图 1)控制。

5

在一个替换实施例中，空间复用器 23 使用了公知的基带复用技术，以把将要被发送的所有已计算的通常信道信号多路复用成一个将由每个多信道发射机 17(a, ..., m)上变换和发送的单一宽带信号。根据需要，所述多路复用可以用数字或模拟手段来实现。

10

所示实施例示出了一个具有多个频道的系统。在一个时分多址或码分多址系统中，公共振荡器 32 将被增大，以便通过接收机控制数据 31 分别延迟自空间处理器 13 到多信道接收机 17(a, ..., m)的公共时隙或公共码信号。

15

再参考图 1，在需要发送空间特征的应用中，空间处理器 13 也能够发送用于特定通常下行链路信道上的每个天线的预定校准信号 11。空间处理器 13 通过发射机控制数据 31 指示多信道接收机 17(a, ..., m)发送预定校准信号 11，以取代用于一特定通常下行链路信道的空间复用信号 10。这是一种用于确定在所述通常下行链路信道上的远程终端的发送空间特征的过程。

20

在使用公知的信道编码技术对将被发送到远程终端的信号进行编码的替换实施例中，远程终端利用公知解码技术对 BERs 进行估计，该 BERs 然后被报告回该远程终端的上行链路信道上的基站。如果该 BERs 超过可接受的极限，则采取校正行动。在一个实施例中，该校正行动包括利用与添加一个新用户同样的战略重新对资源进行分配(除了当前信道是不能接受的之外)，除非该特定信道的当前一组用户发生变化。此外，当该通常信道可用时执行用于该远程终端/基站对的发送特征的校准。

30

图 7 描述了一个提供话音通信的远程终端中的组成按排。远程终端的天线 39 被连接到一个双工器 40 以允许天线 39 供发送和接收使用。在一个替换实施例中，使用了分开的接收和发送天线，取消了所需的双工器 40。在另一替换实施例中，其中接收和发送发生在同一频道但处于不同的时刻，正如所知，使用了一个发送/接收(RT)开关取代

35

了双工器 40。双工器输出 41 作为到达一接收机 42 的输入。接收机 42 产生一个下变化信号 43，它作为到达解调器 45 的输入。一个解调的接收话音信号 61 被输入到扬声器 60。

5 解调的接收控制数据 46 被施加给远程终端中央处理单元 62(CPU)。解调的接收控制数据 46 被用来在呼叫建立和终止期间接收来自基站的数据，和在另一实施例中用于确定将由该远程终端接收、如上所述发送回基站的信号的质量(BER)。

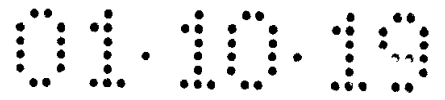
10 远程终端 CPU62 是用一个标准微处理器来实现。远程终端 CPU62 还产生用于选择远程终端的接收信道的接收机控制数据 57、用于设置远程终端的发送信道和功率电平的发射机控制数据 56、将被发送的控制数据 52、和用于远程终端显示器 50 的显示数据 49。远程终端 CPU62 还从远程终端键盘 47 接收键盘数据 48。

15 将被发送的来自麦克风 58 的远程终端的话音信号被输入到调制器 51。将被发送的控制数据 52 由远程终端 CPU62 提供。将被发送的控制数据 52 被用于在呼叫建立和终止期间向基站发送数据，以及用于在呼叫期间发送诸如呼叫质量的测量值(例如，比特差错率(BERs))的信息。由调制器 51 输出的将被发送的已调信号 53 被一发射机 54 上变换和放大，产生一个发射机输出信号 55。发射机输出 55 然后被输入到双工器 40 由天线 39 发送。

20 在一替换实施例中，远程终端提供数字数据通信。解调的接收话音信号 61、扬声器 60、麦克风 58，和将被发送的话音信号 59 被公知的数字接口所取代，该技术可允许发送到达/来自一外部数据处理装置(例如一个计算机)的数据。

30 再参考图 7，远程终端通过由远程终端 CPU62 经由开关控制信号 64 控制的开关 63 允许接收的信号 43 被发送回到基站 1。在正常的工作中，开关 53 利用调制器 51 的已调信号 53 驱动发射机 54。当该远程终端被基站 1 命令进入校准方式时，远程终端 CPU62 触发开关控制信号 64，它指示开关 63 利用接收的数据 43 驱动发射机 54。

35 图 8 示出了远程终端校准功能的一个替换实施例。图 7 的开关 63 将不再使用。而是通过数据连接 44 将接收机 42 的输出施加到远程终



端 CPU62。在通常的操作中，远程终端 CPU62 不去考虑数据连接 44。在校准方式中，远程终端 CPU62 使用数据连接 44 计算该远程终端的发送空间特征，该发送空间特征通过调制器 51 和发射机 54 被作为要被发送的控制数据 52 被发送回基站 1。

5

在一个替换实施例中，远程终端中的特定校准程序并不需要。在许多通常的无线协议标准中，远程终端定期地向基站返回被接收信号的强度或接收信号的质量。如上所述，在本实施例中，被接收信号强度记录将足以计算远程终端的发送空间特征。

10

本发明的运行

一般原理---基站

15

在许多方面，图 1 中所示频谱效率高的基站其表现非常象一个标准的无线通信系统基站。基本的区别在于频谱效率高的基站支持比其具有的通常通信信道多得多的同时发生的通话。通常通信信道可以是频率信道，时间信道，编码信道，或上述信道的任何组合。空间复用器/去复用器通过减少这些通常信道中每一个上的多空间信道增加该系统容量。此外，通过对来自多个接收天线的信号进行组合，空间去复用器 20 产生空间分离的上行链路信号 5，与标准的基站相比该信号 5 已显著的地改进了信噪比，减少了干扰，且改进了在多径环境中的质量。

20

25

在该所示实施例中，描述了一个由多个远程终端和基站组成的无线通信系统，所述基站设置有天线矩阵和空间信号处理。该系统具有例如提供无线访问本地 PSTN(公共电话交换网)的应用。信息传递(或呼叫)既可由远程终端也可通过通信链路 2 经基站控制器 3 初始建立。正如本技术领域所公知的，初始呼叫发生在下行链路和上行链路控制信道上。在本实施例中，利用发送天线 18(a, ..., m)发送下行链路控制信道。在另一实施例中，该下行链路控制信道由一个单一的定向天线广播。基站控制器 3 把将包含在呼叫中的该远程终端的标识传到空间处理器 13，该空间处理器 13 利用所存储的该远程终端的空间特征确定该远程终端应该使用哪个通常通信信道。所选信道可能已经由几个远程终端占据，然而空间处理器 13 利用该信道上的所有远程终端的空间特征确定它们能共享该信道而无干扰。在一个具有 m 个接收和 m 个发送天线部件的系统中，多至 m 个远程终端可以共享同一通常信道。更

30

35

一般地说，在同一时刻能够占据同一通常信道的点对点全双工通信链路的数量由较小的接收和发送部件的数量给定。

空间处理---基站

5 图 6 示出了空间处理器 13 的框图。它由空间处理器控制器 33 控制，该空间处理器控制器 33 经链路 27 与基站控制器 3 接口。空间处理器控制器 33 通过控制线 31 和 31 控制多信道发射机 14 和多信道接收机 15 的增益和频率设置。

10 空间处理器 13 维持有一个有效远程终端表 34，该表将哪个远程终端目前正在使用每个通常通信信道以及它们的当前发送功率电平编入目录。该远程终端的其他参数诸如当前使用的调制格式，当前频道中的接收机噪声电平，和当前信号质量要求也被存储。空间处理器 13 还在该远程终端数据库 36 中维持有一个空间特征表，在另一实施例中它
15 包括远程终端的功率控制电平，用于接收和发送的所允许的通常频率信道，和所知的调制格式表。

在该远程终端数据库 36 中的空间特征表包含用于每个远程终端的每个工作频率的发送空间特征 $a_{t,b}$ ，接收空间特征 $a_{b,r}$ 。在另一实施例中，
20 该空间特征的质量估计(例如，估计误差协方差)也被存储。如上所述，用于一特定远程终端和一特定频率信道的发送空间特征 $a_{t,b}$ 被定义为相对复合信号幅度的矢量，该相对复合信号幅度将会被看到作为以特定的频率，通过多信道发射机 14 和发送天线 18(a, ..., m)发送的理想
25 的(相等的幅度和相位)单位功率窄带信号的结果到达该远程终端。该发送空间特征包括基站和远程终端之间的传播环境的影响，以及在多信道发射机 14，天线电缆，和发送天线 18(a, ..., m)中的任何幅度和相位差。用于一特定远程终端和一特定频率信道的接收空间特征 $a_{b,r}$
30 被定义为在给定将由所述特定远程终端以该特定频率发送的一个单一单位功率窄带信号的多信道接收机 16 的输出端测量的复合信号幅度的矢量。

当基站控制器 1 经链路 27 转送一特定远程终端的初始呼叫请求时，信道选择器 35 检索有效远程终端表 34 以找出一个能适应该远程
35 终端的通常通信信道。在本优选实施例中，存在有一个接收有效远程终端表和一个发送有效远程终端表供信道选择器 35 使用，以形成用于每个通常信道的一个多路复用和一个去复出空间矩阵。对于每个通常

信道，去复用空间特征矩阵的列和复用空间特征矩阵的行是在该信道上(使用)当前有效的每个远程终端的存储的接收和发送空间特征加上另一包含请求一通信信道的远程终端的合适空间特征的列。

- 5 每个信道的复用空间特征矩阵 $A_{rb, p}$ (其中 p 表示该通常信道号) 利用如下式(7)所示的发送空间特征构成：

$$A_{rb, p} = \begin{bmatrix} a_{rb, p}^i \\ \vdots \\ a_{rb, p}^{n_p} \end{bmatrix} \quad (7)$$

- 10 其中 $a_{rb, p}^i$ 是分配给信道 p 的第 i 个远程终端的发送空间特征， n_p 是通常信道 p 上的远程终端的总数量。

复用空间特征矩阵 $A_{br, p}$ 利用如下式(8)所示的发送空间特征构成：

15
$$A_{br, p} = [a_{br, p}^1, a_{br, p}^2, \dots, a_{br, p}^{n_p}] \quad (8)$$

其中 $a_{br, p}^i$ 是分配给信道 p 的第 i 个远程终端的发送空间特征

- 20 信道选择器 35 计算这些特征矩阵的函数以评估基站与该新远程终端之间的通信是否能在所选通常信道上成功地进行。在本优选实施例中，信道选择器 35 首先计算用于该远程终端的空间多路复用和去复用加权值，然后利用这些加权值对链路性能进行估计。

- 25 在该所示实施例中，空间多路复用加权值是等式(9)给定的矩阵 W_{tx} 的行：

$$W_{tx} = S_b (A_{rb} A_{rb}^*)^{-1} A_{rb} \quad (9)$$

- 30 其中 $(\cdot)^{-1}$ 是一矩阵的逆， $(\cdot)^*$ 是一矩阵的复数共轭转置， A_{rb} 是与该相关通常信道相关联的复用空间特征矩阵 $A_{rb, p}$ ，而 S_b 是一个包含要被发送的信号的幅度的(对角)矩阵。在本实施例中，利用远程终端接收机均方噪声电压的(对角)矩阵(N)和最小所需信号质量的对角矩阵(SNR_{des})计算要被发送的幅度 S_b ，如下面等式(10)所给出：

$$S_b = (\text{SNR}_{\text{des}} \times N)^{1/2} \quad (10)$$

此时信道选择器 35 根据作为 W_{tx} 每行中各元素的平方和的每个元素计算将要被发送的平均均方电压(功率) \bar{P}_b , 即

$$\bar{P}_b = \text{diag}\{W_{\text{tx}} W_{\text{tx}}^*\} \quad (11)$$

和根据作为 W_{tx} 每行中各元素大小之和的平方的每个元素计算峰值平方电压(功率) P_b^{peak} 即

$$P_b^{\text{peak}} = \text{diag}\{\text{abs}(W_{\text{tx}}) I \text{abs}(W_{\text{tx}}^*)\} \quad (12)$$

其中 I 是所有合适大小的元素的一个矩阵, $\text{abs}(\cdot)$ 是元素式的 (elementwise) 绝对值。信道选择器 35 把这些值与用于每个元素的每个发射机的限制进行比较。如果该任何平均或峰值超过了可接受的限制, 则所考虑的远程终端将不被分配给该候选信道。否则对从该远程终端成功接收的能力进行检查。在一个替换实施例中, 所述发射机限制被用作计算满足给定技术要求的发送加权值的优化算法中的不均衡限制。该发送加权值还用来产生可能的最大量的被发送功率。如果没有找到满足所述限制的发送加权值, 则该候选信道将不分配给该所考虑的远程终端。上述优化算法是众所周知的。

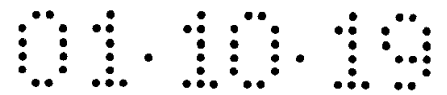
为了测试上行链路, 信道选择器 35 利用 A_{br} , 与该相应通常信道相关的去复用空间特征矩阵 $A_{\text{br},p}$ 计算空间去复用加权值 W_{rx} , 如该优选实施例等式(13)中所给定的:

$$W_{\text{rx}} = (A_{\text{br}} P_r A_{\text{br}}^* + R_{\text{nn}})^{-1} A_{\text{br}} P_r \quad (13)$$

其中 P_r 是由远程终端发送的均方幅度(功率)的(对角)矩阵, R_{nn} 是基站接收机噪声协方差。然后, 在一个实施例中, 如下式计算规一化的均方误差协方差的所要求值:

$$\overline{MSE} = P_r^{-1/2} ((I - W_{\text{rx}}^* A_{\text{br}}) P_r (I - W_{\text{rx}}^* A_{\text{br}})^* + W_{\text{rx}}^* R_{\text{nn}} W_{\text{rx}}) P_r^{-*/2} \quad (14)$$

符号 $(\cdot)^{-*/2}$ 表示该矩阵平方根的复数共轭转置。MSE 的逆是在该空间去复用器的输出端的所希望信号与干扰加噪声之比的估计:



$$\overline{SINR} = \overline{MSE}^{-1} \quad (15)$$

5 如果 \overline{SINR} 的所有对角元素都超过以从每个远程终端接收的所需
信号质量为基础的所需阈值，则该远程终端被允许进入该信道。如果
该候选远程终端低于其阈值并具有增加其输出功率的能力，则再次执
行相同的计算，以增加远程终端功率输出直到或者达到该远程终端的
10 最大输出功率而 \overline{SINR} 仍不满足，另一远程终端 \overline{SINR} 在其功率可能增加
的情况下低于其阈值，或者超过所有阈值。如果找到可接受的远程终
端发送功率，该远程终端被授权进入该特定通常信道，否则其被拒绝
10 进入，并检查另一个通常信道。

15 在一个替换实施例中，利用公知的优化程序执行去复用加权值的
计算，而使远程终端发送功率最小化的目的将以在基站的被估计信号
满足或超过它们的最小所需 SINR 为条件。

而且，在一个替换实施例中，在通常信道没能被找到以接纳该远
程终端时，信道选择器 35 计算在通常信道中的现存远程终端的某种再
安排是否会允许在某个通常信道上支持该远程终端。在这种情况下，
如果没有现存用户的再安排来使得该远程终端能被接纳，则该远程终
20 端在此时的通信将被拒绝。

在一个使用频分双工(FDD)方式的替换实施例中，远程终端并不
被限制仅分配到一个用于发送和接收的固定通常信道对上。它使用了一
种非常灵活的系统结构，其中信道选择器 35 可以选择以把一个特定的
25 远程终端分配给通过不同频率双向偏置分开的发送和接收通常信
道，以便使整个系统干扰电平最小化。

30 已使用了一通常信道的远程终端的空间复用和去复用加权值必须
被重新计算，因为在该通常信道上增加一个新的远程终端可能会使它
们大大地改变。在本优选实施例中，已做了必要计算的信道选择器 35
送出新的空间复用和去复用加权值给空间加权处理器 37，以便在设置
多路复用器 23 和去复用器 20 中使用。在一个替换实施例中，空间加
权处理器 37 使用由信道选择器 35 发送给其的空间特征矩阵为该通常
35 信道上的所有远程终端计算不同的空间复用和去复用加权值组。

空间加权处理器 37 随后将新的空间去复用加权值传送到该通常

信道的去复用器 20，并将新的空间复用加权值传送到该通常信道的多路复用器 23，并更新有效远程终端表 34，和把所选信道通知给空间处理器控制器 33，空间处理器控制器 33 依次通知基站控制器 3。通知基站控制器 3 随后利用下行链路控制信道发送一个消息给该远程终端，指示该远程终端转换到该所需的通常信道。

从等式(9)可以看到，多路复用加权矩阵 W_{tx} 具有如下性质：

$$A_{rb} W_{tx}^* = S_b \quad (16)$$

这意味着在第 i 个远程终端，打算要发送到该远程终端的信号被接收具有充足的(正实数)幅度 $S_b(i, i)$ 。 S_b 具有零非对角元素的事实意味着在第 i 个远程终端，其他要被发送的信号中没有一个被该远程终端接收。以这种方式，每个远程终端以必要的功率电平仅接收为其所准备的信号，以确保合适的通信。在替换实施例中，在设定基站发送功率和计算加权值的过程中在 A_{rb} 的估计中添加了不定度，以便使 A_{rb} 中的差错和/或变化的影响最小化。

类似地，在基站处，等式(13)中所给特定去复用加权矩阵具有由接收空间特征和来自远程终端的被发送电压的知识而定的性质，该被估计信号 S 由下式给出：

$$S = W_{rx}^* Z_b \quad (17)$$

它们是在最小均方误差意义下的最精确值。具体地说，它们与由在基站通过多个天线部件所做的测量给定的远程终端发送的信号非常匹配。

等式(9)和(13)仅给出了计算空间复用和去复用加权值的一种方法。还有着其他类似的方法，它们都示出了与等式(16)中所示和上述段落中描述的那些特性。其他用于计算加权矩阵 W_{tx} 和 W_{rx} 的技术考虑了空间特征矩阵 A_{rb} 和 A_{br} 中的不定度，以用于宽带通常信道，和能够加入更复杂功率和动态范围限制。

确定空间特征

正如图 6 中所示，空间处理器 13 还包括一个空间特征处理器 38，

用于查找远程终端的空间特征。在该所示实施例中，空间特征处理器 38 使用了在未批准美国专利申请 08/234,747 中描述的校准技术。

5 在该所示实施例中，每个远程终端都具有进入校准方式的能力，在该校准方式中由远程终端 43 接收的信号被发送回基站 1。参考图 7，该功能由远程终端 CPU62 通过开关控制信号 64 控制开关 63 实现。

10 为了确定一远程终端的发送和接收空间特征，空间特征处理器 38 通过在下行链路上向该远程终端发送一个指令，命令其进入校准方式。该指令是由基站控制器 3 根据来自空间处理控制器 3 的请求产生的，并由信号调制器 24 调制。空间特征处理器 38 随后通过经发射机控制数据 31 指示多信道发射机 17(a, ..., m)和指示空间处理器控制器 33 在由该远程终端占据的通常信道上发送预定校准信号 11。在本实施例中，预定校准信号 11 中的 m 个信号(每个天线的)是不同的频率复合正弦波。在另一实施例中，该预定校准信号 11 是任何公知的，性质不同的信号。

20 图 7 中所示远程终端发送回在该远程终端接收的信号。该被转发的信号由在图 1 中所示基站 1 中的多信道接收机 15 接收并被提供给图 6 中所示的空间特征处理器 38。在专利申请 08/234, 747 中描述的一个实施例中，如下所述，空间特征处理器 38 根据接收的信号测量值 6 和预定校准信号 11 计算该远程终端的接收和发送空间特征。

25 被接收数据的时间取样按一个 $m \times n$ 数据矩阵 Z 存储，该数据矩阵 Z 没有噪声，参数补偿由下式给出：

$$Z = k a_{br} a_{rb} S \quad (18)$$

30 其中 S 是预定校准信号的 $m \times n$ 数据矩阵， k 是在发送回基站前在远程终端中信号被放大的一个已知量。接收空间特征与同最大奇异值(数据矩阵 Z 的 σ_{max})相对应的奇异矢量(u_1)成比例。自该远程终端的单位功率信号的发送和由基站 1 在天线部件 1 的接收为接收空间特征提供了必要的比例 g_{br}

$$35 \quad a_{br} = g_{br} u_1 / u_1(1) \quad (19)$$

其中 $u_1(1)$ 是 u_1 的第一个元素。一旦 a_{br} 已知，则 a_{rb} 由下式计算：

$$a_{rb} = k^{-1} (g_{br} u_1 / u_1(1))^\dagger Z S^\dagger \quad (20)$$

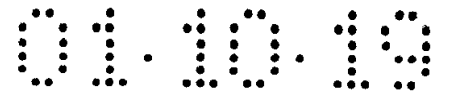
5 其中 B^\dagger 是矩阵 B 的公知 Moore-Penrose 伪逆，对于列比行多的全阶矩阵 B ，其满足 $B B^\dagger = I$ (单位矩阵)。对于行比列多的全阶矩阵 B ， $B^\dagger B = I$ 。在未批准申请 08/234,747 中还描述了替换实施例，使用了公知的技术来考虑系统中存在的噪声和诸如振荡器频率偏置的参数变量。

10 空间特征处理器 38 在远程终端数据库 36 中存储新的空间特征。一旦完成，空间特征处理器 38 通过在下行链路上向该远程终端发送一个命令，命令其退出校准方式。

15 在一个替换实施例中，远程终端发送空间特征的计算可由各远程终端直接执行。该远程终端的实施例在图 8 中示出。在校准方式中，如前所述，空间特征处理器 38 在该通常信道上发送预定校准信号 11，以便将由各远程终端校准。远程终端 CPU62 使用接收的校准信号 44 和已知的被发送波形利用在前面实施例中空间特征处理器 38 使用的相同技术计算该远程终端的发送空间特征。计算出的发送空间特征通过
20 调制器 51 和发射机 54 被发送回基站 1 作为将被发送的控制数据 52。当由基站接收时，空间特征处理器 38 在远程终端数据库 36 中存储新的发送空间特征。由于每个远程终端独立地执行发送空间特征计算，所以这种安排允许多个远程终端在同一通常信道上同时计算它们自己的发送空间特征。在本实施例中，远程终端接收空间特征由空间特征
25 处理器 38 以与在前实施例中相同的方式计算。

 利用这些技术，空间特征处理器 38 能够对一特定信道在其任何时候空闲时测量一远程终端发送和接收空间特征。这些校准技术的效率
30 允许空间特征处理器 38 能够更新用于一特定信道的多个远程终端的空间特征，而仅占据该信道一个很短的时间。

 许多用于获取远程终端的空间特征的其他技术也可以使用。在某些 RF 环境中，可利用取决于 m 个接收天线 19(a, ..., m) 的几何安排
35 的信息和它们的各个定向图形(对于一个基准，作为输入角的函数的元素增益和相位相)，以及从基站到该远程终端的方向的一些公知技术来



确定远程终端的空间特征。此外，诸如 ESPRIT(美国专利 4,750,147 和 4,965,732)的技术可在事先不知道方向的应用中对方向进行估计。

5 正如所知，类似地，由远程终端发送的基本信号的任何预定调制格式参数的信息(例如，某些训练或前置序列的信息，或信号为恒定模量的信息)也可被用来确定远程终端的接收空间特征。另一个例子是直接判决反馈技术，如本领域所公知的，其中接收数据被解调并被再次调制，以产生该原始已调信号的估计。这些技术使得能够对接收空间特征进行估计，即使当多个远程终端正占据一单一通常信道时。

10 在某些 RF 环境中，正如所知，可利用该远程终端位置和基站发送天线的位置与定向图形的信息明确地计算出远程终端的发送空间特征。这不要求在远程终端部分上有特殊性能。

15 如果远程终端具有测量和报告其正接收的信号的强度的能力，则该系统能够使用该信息导出发送空间特征，即使是以一种比图 7 所示实施例或图 8 所示实施例效率低的方式，图 7 所示实施例中其远程终端具有完全转发器的性能，而图 8 所示实施例中其远程终端直接计算它的发送空间特征。如下所述，发送空间特征仅根据来自远程终端的被接收信号功率报告来确定。首先，空间特征处理器 38 在某时刻从
20 m 个天线部件中的两个中发送两个相同的单位功率信号。然后空间特征处理器 38 变化该两个信号之一的幅度和相位直到该远程终端报告其此时收不到信号为止。天线部件的一组加权值(由所需 m 至零位的来自部件 1 的单位功率信号)其按符号被改变并被颠倒，以产生该远程终端
25 的发送空间特征。

还是在另一实施例中，可将系统设计成以一种"闭环"方式连续地更新远程终端的空间特征。这样做是考虑到由于例如远程终端的移动或 RF 传播条件的变化导致的空间特征的时间变化。为了这样做，基站
30 和远程终端周期地发送预定训练序列。在一特定信道上当前有效的每个远程终端都被分配一个不同的预定训练序列，并且还向其提供在该特定信道上当前有效的所有其他远程终端的训练序列。在一个实施例中，该不同的训练序列在该任何两个训练序列波形的内积为零的意义上是彼此正交的。每次发送训练序列时，每个远程终端利用公知的技术
35 计算已接收了每个训练序列多少次，并将该信息发送到基站。

5 在该所示的实施例中，基站利用接收机输出和被训练波形的信息计算该远程终端接收空间特征。在另一实施例中，基站计算每个被远端发送的训练序列在空间去复用器的每次输出上已经历了多少次，其被表示为耦合系数的复合矢量。所述耦合系数的信息允许该当前有效的接收和发送空间特征能被校正，以便利用公知的技术减小相互的干扰。

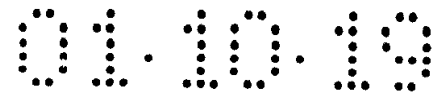
10 最后，如本领域所公知，在使用时分双工方式(TDD)用于全双工通信的系统中，发送和接收频率是相同的。在这种情况下，利用公知的可逆原理，使发送和接收空间特征直接联系起来。这样，本实施例只确定所述特征之一，例如接收空间特征，而相反，在发送空间特征的情况中，根据最初的(接收)空间特征和多信道接收机 15 和多信道发射机 14 的相对相位和幅度特征的信息计算该发送空间特征。

15 网络级空间处理

20 在这里所示的实施例中，用于蜂窝状无线通信系统中的每个基站的空间处理独立地工作以使在直接网孔中的通信信道数最大。然而，如果来自每个基站的空间处理器与来自其他临近网孔的空间处理器通信并调整其效果，则可以实现重大的系统容量改进。图 9 中示出了一个特定的实施例。根据这样一种实施方案，所述的信道选择器 35 可以被看作一个联合信道选择器装置，用于联合确定在每个所述有效远程终端表中的每个远程终端向所述多个上行链路信道的至少一个信道和向所述多个基站中的至少一个基站的分配。这里，信道分配的状态可以通过基站控制器 66 在基站之间通信。一通信装置被提供以用于在所述多个基站中的每个基站与所述联合信道选择器装置之间通信所述分配的状态。

30 一个多基站控制器 66 在通过链路 68 的广域网 65 与经基站通信链路 2(a, b, c)的基站 1(a, b, c)之间起着接口的作用。每个基站负责向多个远程终端提供覆盖。在一个实施例，每个远程终端被分配到唯一的一个限定了网孔边界 67(a, b, c)的基站，所有附属于该基站的远程终端都被定位在该边界中。在图中，装备有远程终端 69 的用户用"R"标识。

35 包含在基站 1(a, b, c)中的每个空间处理器测量和存储在其网孔中和相邻网孔中的远程终端的空间特征。在相邻网孔中的远程终端的



5 空间特征的确定由多基站控制器 66 通过基站通信链路 2(a, b, c) 进行调整。通过基站通信链路 2(a, b, c) 和多基站控制器 66, 来自相邻网孔基站 1(a, b, c) 中的空间处理器相互通知它们正在哪些通常信道上与哪些远程终端通信。每个空间处理器包括在相邻网孔中有效的远程终端的空间特征, 以形成被送到所有相邻基站的扩展发送和接收空间特征矩阵 A_{rb} 和 A_{br} 。每个基站中的信道选择器利用所述扩展空间特征矩阵, 联合把远程终端分配给每个基站 1(a, b, c) 中的每个通常信道。

10 随后, 利用该扩展空间特征矩阵 A_{rb} 和 A_{br} 计算用于每个基站的合成加权矩阵 W_{tx} 和 W_{rx} 。就计算各加权值而言, 其目的是使向/从该相邻网孔的有效远程终端发送/接收的信号最小, 由此允许更多的远程终端同时通信。

15 在另一实施例中, 多基站控制器 66 利用有效远程终端/基站/通常信道链路表, 相关的远程终端数据库, 和要求链路分配的特定请求动态地分配请求进入基站的远程终端。此外, 远程终端可以利用多个(定向的)发送和接收天线, 以便在多基站控制器 66 做出指令的情况下使到达多个临近基站的定向链路易于实现, 以进一步增加系统的容量。

20 优点

根据本发明的装置和方法, 其有着超过现有技术的显著优点在于其允许多个远程终端同时共享同一个通常通信信道。具体地说, 对于一个具有 m 接收和 m 个发送天线部件的系统来说, 多至 m 个远程终端可以共享一个单一的通常通信信道。此外, 与标准的基站比较, 从/向远程终端接收/发送的信号显著地改进了信噪比, 减少了干扰, 且改进了在多径环境中的质量。

替换实施例

30 在一个替换实施例中, 基站 1 处的发送天线 18(a, ..., m) 和接收天线 19(a, ..., m) 被一个单一的 m 个天线的矩阵所代替。该矩阵中的每个部分通过一个双工器被连接到多信道发射机 14 的接收部分和多信道接收机 15 的接收部分。

35 在另一个替换实施例中, 上行链路控制信道上的信号可通过利用在未批准专利申请 07/806,695 中描述的空间处理对其进行实时的处理。这将允许多个远程终端在同一时刻请求某一通信信道。

在另一个涉及到数据包或短脉冲的数据传递的应用实施例中，不需要分开的上链控制信道，且系统在通信间隔之间的控制时间间隔内可以用于请求通信服务和其它控制功能。

5

如上所述，公知有许多用于测量远程终端无线电设备的空间特征和使用该空间特征的技术用以计算多路复用和去复用加权值，该加权值将允许在同一通常通信信道上存在多个同时的通话和/或数据传送。

10

虽然以上的描述包括了许多特殊性，但这些不应成为对本发明范围的限制，而只能是作为一个优选实施例的示例。可以对其做出多种改进。因此，本发明的范围不应由所示实施例确定，而应由所附权利要求和它们的法律等同物来限定。

15

说明书附图

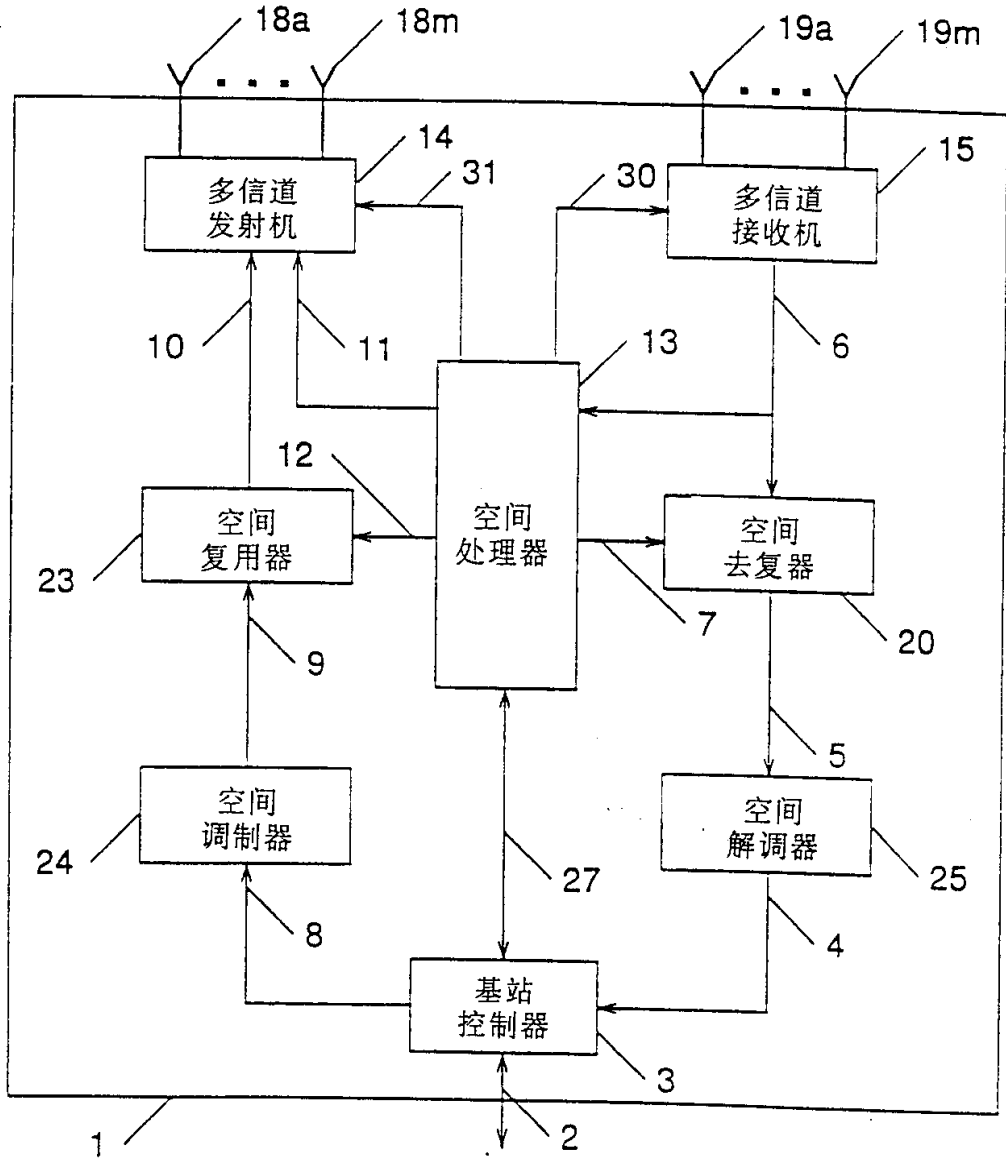


图 1

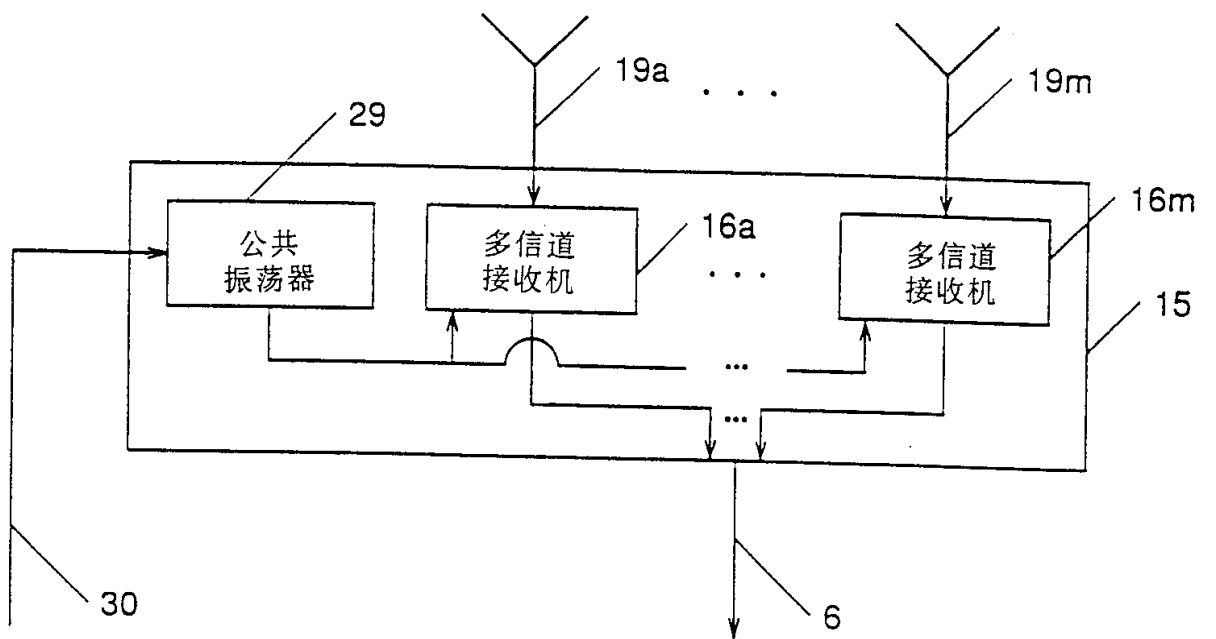


图 2

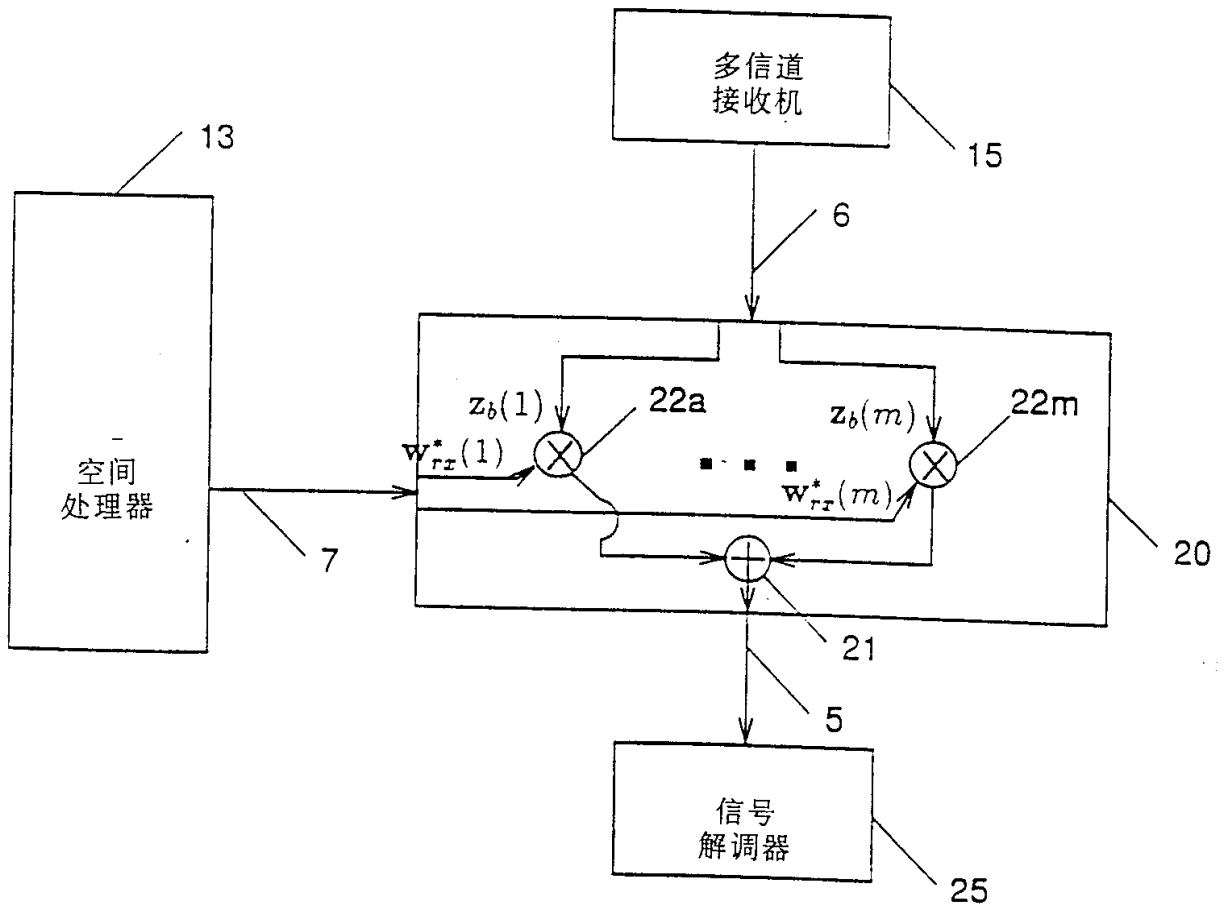


图 3

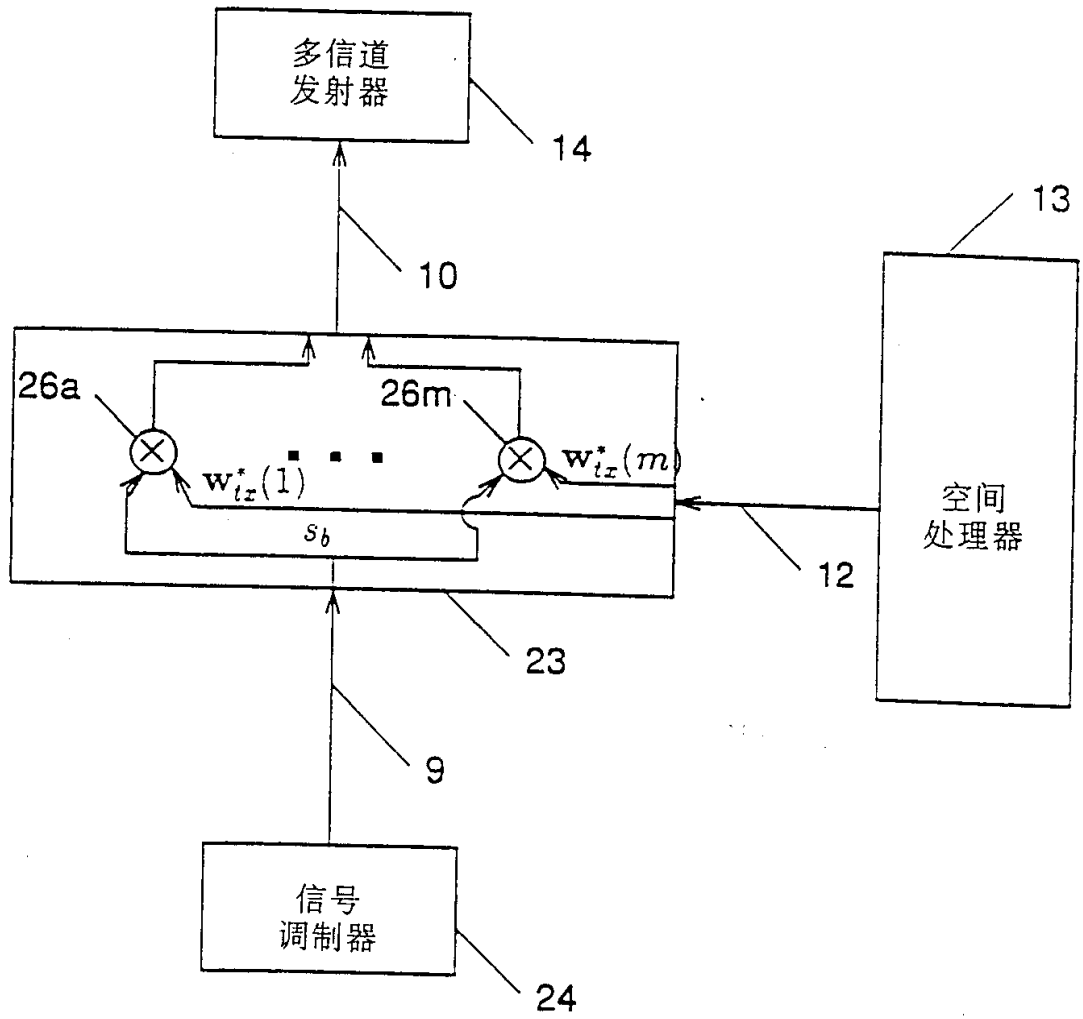


图 4

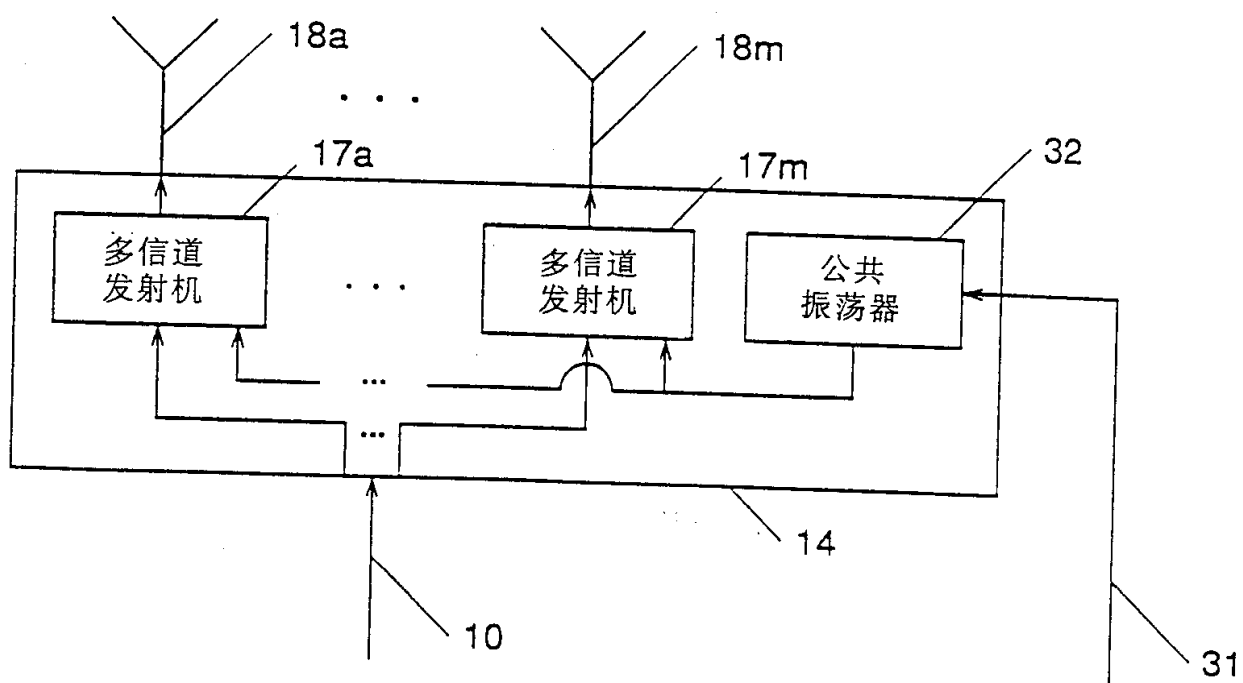


图 5

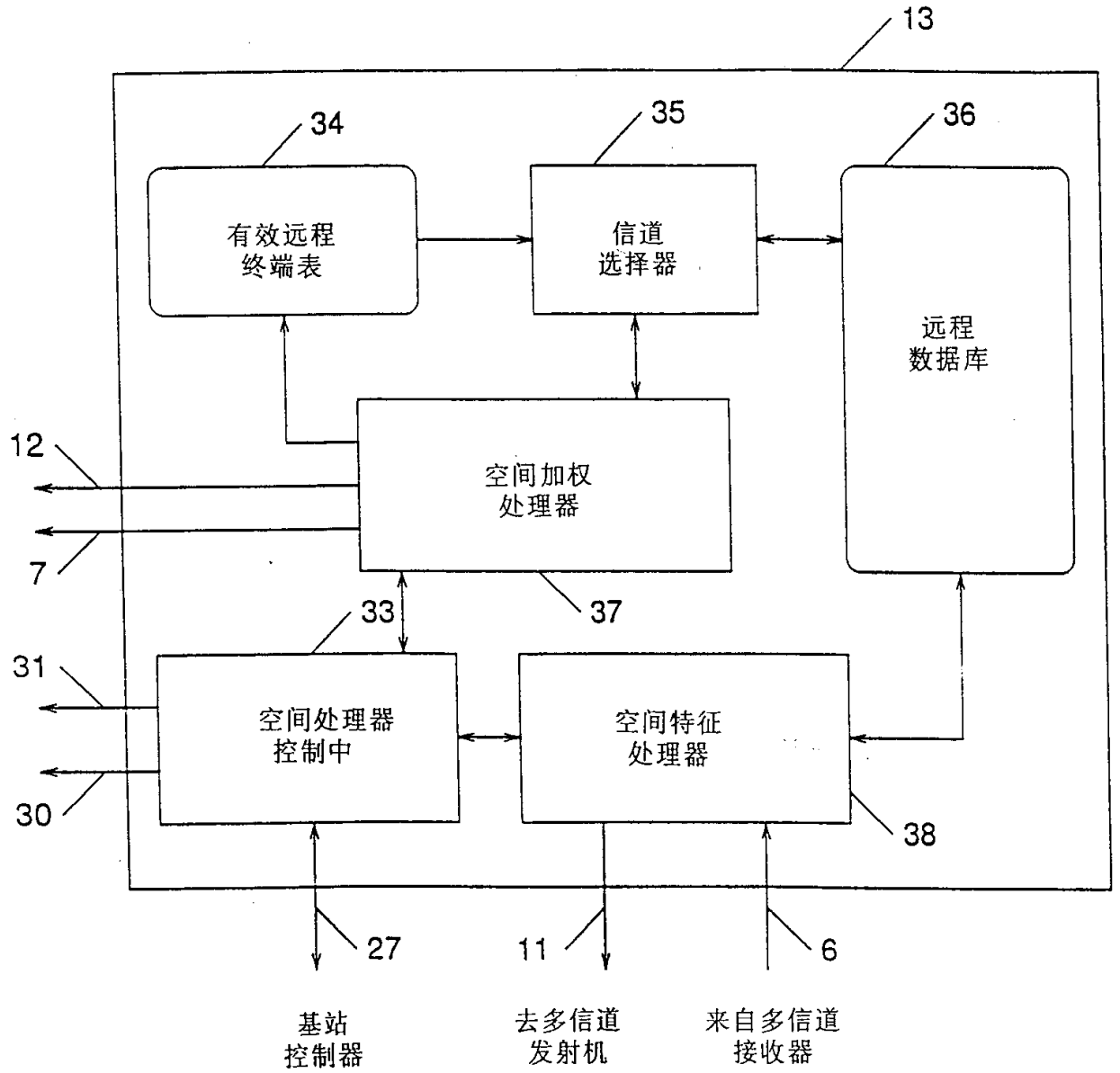


图 6

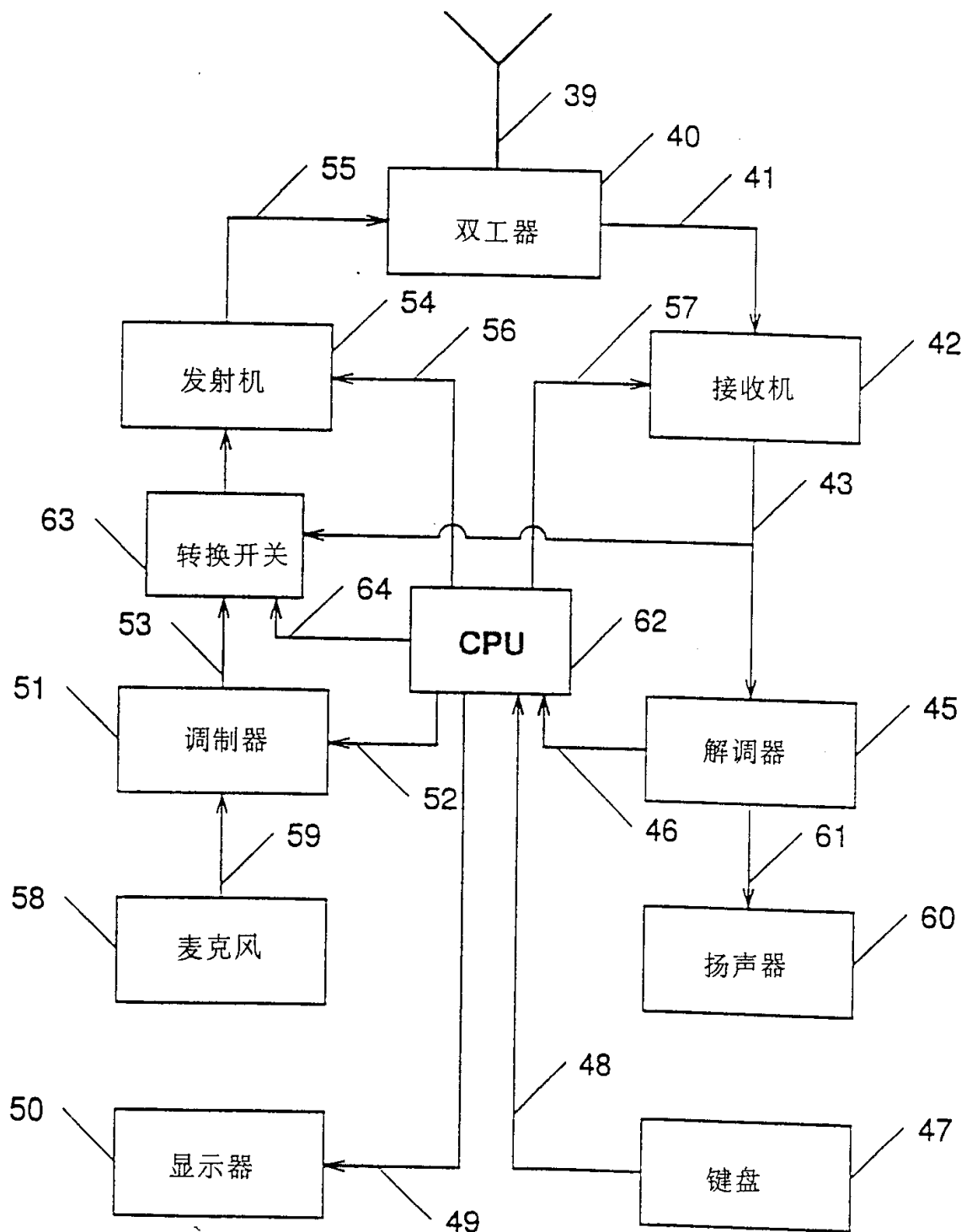


图 7

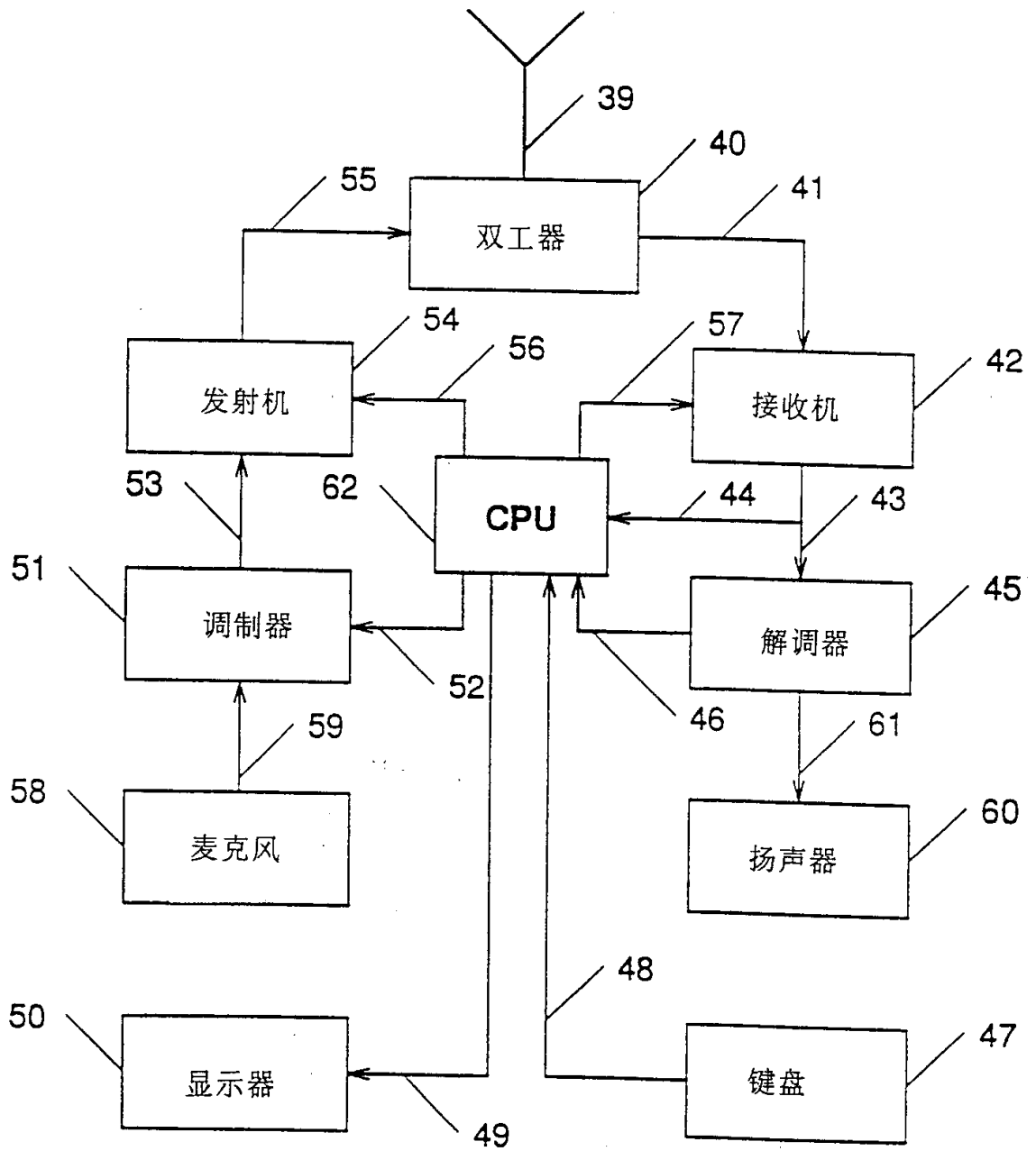


图 8

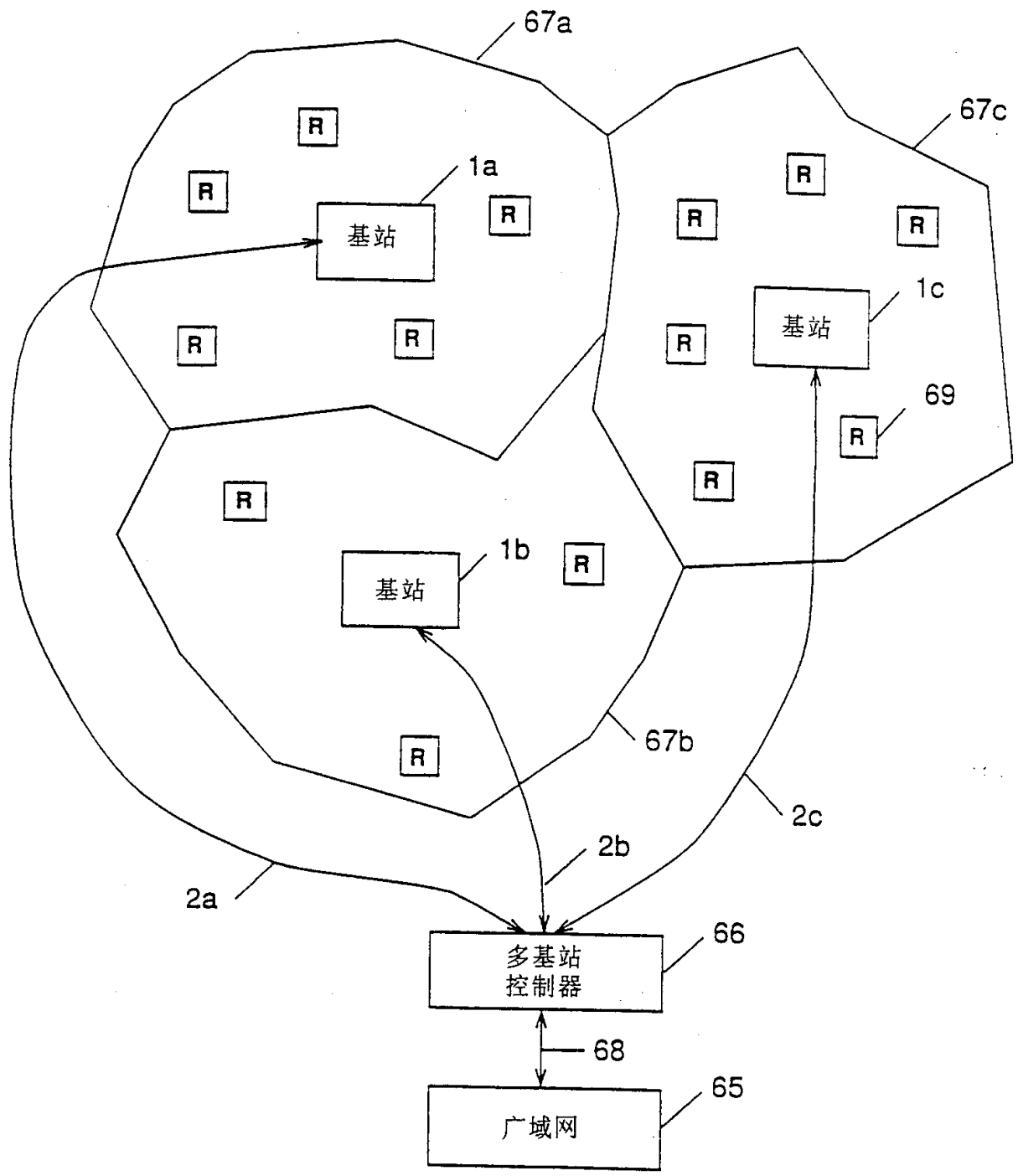


图 9