



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97199074.3

[43] 授权公告日 2003 年 3 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 1104144C

[22] 申请日 1997. 10. 17 [21] 申请号 97199074.3

[30] 优先权

[32] 1996. 10. 23 [33] US [31] 08/735,520

[86] 国际申请 PCT/US97/19172 1997. 10. 17

[87] 国际公布 WO98/18272 英 1998. 4. 30

[85] 进入国家阶段日期 1999. 4. 23

[71] 专利权人 埃瑞康姆公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 比约恩 E·奥特森

克雷格 H·巴勒特 戴维 M·帕里什

理查德 H·罗伊三世

[56] 参考文献

US5103459 1992. 04. 07 H04L27/30

US5260968 1993. 11. 09 H04K1/00

US5274844 1993. 12. 28 H04B07/14

审查员 江 红

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

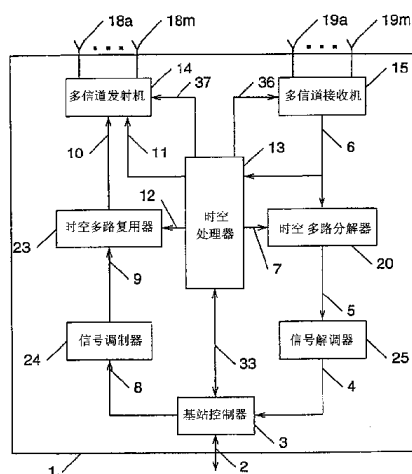
代理人 穆德骏 黄 敏

权利要求书 22 页 说明书 39 页 附图 11 页

[54] 发明名称 具有时空处理的频谱高效率大容量
无线通信系统

[57] 摘要

一种无线系统，包括网络基站(1)，用于使用多个信道接收从多个远程终端发射的上行链路信号，和向远程终端发射下行链路信号，包括在每个基站用于接收上行链路信号的多个天线元(19)，在每个基站用于发射下行链路信号的多个天线元(18)，在每个基站连接到接收天线元(19)和发射天线元(18)的信号处理器(13)，用于针对每个信道确定每个远程天线的时空多路复用和多路分解功能，和用于优化网络性能多个基站网络控制器，从而可在每个信道中同时进行多个基站和远程终端之间的通信。



1. 一种无线系统，用于计算从利用共用上行链路信道的多个远程终端发射的上行链路信号，所述系统包括至少一个基站，所述系统包括：

5 在所述的至少一个包括多个天线元和接收机的基站的接收装置，用于产生来自利用所述共用上行链路信道的所述多个远程终端的所述上行链路信号的组合的测量值；

 其特征在于，所述系统还包括：

 接收时空处理装置，其位于所述的至少一个基站处，用于利用所述测量值确定和存储所述多个远程终端的接收时空特征标记；和

10 时空多路分解装置，其位于所述的至少一个基站处，使用所述接收时空特征标记和所述测量值产生分离的上行链路信号。

2. 在一种无线系统中用于计算从利用共用上行链路信道的多个远程终端发射的上行链路信号的方法，所述系统包括至少一个基站，所述至少一个基站包括多个天线元和接收机，用于产生来自利用所述共用上行链路信道的所述多个远程终端的所述上行链路信号的组合的测量值，所述方法包括：

15 在所述的至少一个基站的接收机接收来自利用所述共用上行链路信道的所述多个远程终端的所述上行链路信号的组合的测量值；

 其特征在于，所述方法还包括：

 所述至少一个基站处的接收时空处理，用于利用所述测量值确定和存储所述多个远程终端的接收时空特征标记；和

 所述至少一个基站处的时空多路分解，使用所述接收时空特征标记和所述测量值产生分离的上行链路信号。

3. 根据权利要求 1 所述的无线系统，其中所述接收时空处理装置包括：

 时空特征标记表，包括所述多个远程终端和所述共用上行链路信道中的每个远程终端的接收时空特征标记；

30 接收时空特征标记确定装置，用于确定所述接收时空特征标记；和

接收信道选择器,利用所述接收时空特征标记来确定所述共用上行链路信道是否可进一步由一个附加远程终端共享。

4. 根据权利要求 2 所述的方法, 其中所述接收时空处理进一步包括:

解调节所述多个远程终端和所述共用上行链路信道中每个远程终端的接收时空特征标记;

形成包括所述接收时空特征标记的时空特征标记表; 和

信道选择, 利用所述接收时空特征标记来确定所述共用上行链路信道是否可进一步由一个附加远程终端共享。

5. 根据权利要求 3 所述的无线系统, 其中所述接收时空处理装置进一步包括:

接收时空加权处理器, 用于计算所述多个远程终端的时空多路分解加权, 所述时空多路分解装置利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号。

6. 根据权利要求 4 所述的方法, 其中所述接收时空处理进一步包括:

接收时空加权处理, 用于确定所述多个远程终端的时空多路分解加权, 所述时空多路分解步骤利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号。

7. 根据权利要求 5 所述的无线系统, 其中所述接收时空处理器确定所述时空多路分解加权作为矩阵 W_{rx} 的列如下:

$$W_{rx} = (H_r P_r H_r^* + R_{nn})^{-1} H_r \bar{P}_r,$$

其中 $(\cdot)^*$ 表示一个矩阵的复数共轭转置, $(\cdot)^{-1}$ 表示矩阵的逆矩阵, R_{nn} 是所述接收装置的噪声协方差矩阵, $\bar{P}_r$ 是所述多个远程终端中

远程终端的发射功率的矩阵, $\mathcal{H}_r$ 是由所述多个远程终端和所述共用上行链路信道的所述接收时空特征标记构成的多路分解时空特征标记矩阵。

- 5 8. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中所述接收时空处理步骤确定所述时空多路分解加权作为矩阵 W_{rx} 的列如下:

$$W_{rx} = (\mathcal{H}_r P_r \mathcal{H}_r^* + R_{nn})^{-1} \mathcal{H}_r \bar{P}_r,$$

- 10 其中 $(\cdot)^*$ 表示一个矩阵的复数共轭转置, $(\cdot)^{-1}$ 表示矩阵的逆矩阵, R_{nn} 是所述接收装置的噪声协方差矩阵, $\bar{P}_r$ 是所述多个远程终端中远程终端的发射功率的矩阵, $\mathcal{H}_r$ 是由所述多个远程终端和所述共用上行链路信道的所述接收时空特征标记构成的多路分解时空特征标记矩阵。

- 15 9. 根据权利要求 1 所述的无线系统, 其中所述共用上行链路信道是多个上行链路信道中的一个, 其中所述接收时空处理装置包括:

分配给所述多个上行链路信道的至少一个信道的远程终端的活动远程终端表;

- 20 时空特征标记表, 包括所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个所述上行链路信道的每个信道的接收时空特征标记;

接收时空特征标记确定装置, 用于确定所述时空特征标记表中的所述接收时空特征标记;

- 25 接收信道选择器, 利用所述活动远程终端表和所述接收时空特征标记表来确定所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个上行链路信道的至少一个信道的分配; 和

接收时空加权处理器, 用于计算所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道的时空多路分解加权, 所述时空多路分解装置利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号。

10. 根据权利要求 2 所述的方法, 其中所述共用上行链路信道是多个上行链路信道中的一个, 其中所述接收时空处理步骤进一步包括:

确定所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个所述上行链路信道的每个信道的接收时空特征标记;

5 形成分配给所述多个上行链路信道的至少一个信道的远程终端的活动远程终端表;

 形成时空特征标记表, 包括所述接收时空特征标记;

 接收信道选择, 利用所述活动远程终端表和所述接收时空特征标记表来确定所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个上行链路信道的至少一个信道的分配; 和

10 接收时空加权处理, 用于确定所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道的时空多路分解加权, 所述时空多路分解步骤利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号。

15

11. 根据权利要求 1 所述的无线系统, 其中所述共用上行链路信道是多个上行链路信道中的一个, 所述至少一个基站是多个基站之一, 所述接收时空处理装置是多个接收时空处理装置之一, 所述多个基站中的每个基站具有所述多个接收时空装置中的一个对应接收时空处理装置, 包括:

20

 活动远程终端表, 包括分配给所述多个上行链路信道的至少一个信道的远程终端表;

 时空特征标记表, 包括所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个所述上行链路信道的每个信道的接收时空特征标记;

25 接收时空特征标记确定装置, 用于确定所述时空特征标记表中的所述接收时空特征标记, 和

 接收机时空加权处理器, 用于计算所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道的时空多路分解加权, 所述时空多路分解装置利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号,

30

所述系统进一步包括：

联合信道选择器，用于联合确定每个所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个上行链路信道的至少一个信道和到所述多个基站的至少一个基站的分配；和

5 通信装置，用于传送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的所述分配状态。

12. 根据权利要求 2 所述的方法，其中所述共用上行链路信道是多个上行链路信道中的一个，所述至少一个基站是多个基站之一，所述方法进一步包括：

10 形成包括分配给所述多个上行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表；

 确定所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个上行链路信道的每个信道的接收时空特征标记；

15 形成时空特征标记表，包括所述接收时空特征标记；

 接收机时空加权处理，用于确定所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道的时空多路分解加权，所述时空多路分解步骤利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号；

20 联合信道选择，用于联合确定每个所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个上行链路信道的至少一个信道和到所述多个基站的至少一个基站的分配；和

 传送所述多个基站中的每个基站之间的所述分配状态。

25 13. 根据权利要求 1 所述的并包括发射装置的无线系统，包括用于从所述的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的一个发射机和一个天线。

30 14. 根据权利要求 2 所述方法，进一步包括从所述的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。

15. 根据权利要求 1 所述的无线系统, 其中所述时空多路分解装置计算所述共用上行链路信道的时空多路分解加权作为矩阵 W_{rx} 的列如下:

$$W_{rx} = (\mathcal{H}_r P_r \mathcal{H}_r^* + R_{nn})^{-1} \mathcal{H}_r \bar{P}_r,$$

其中 $(\cdot)^*$ 表示一个矩阵的复数共轭转置, $(\cdot)^{-1}$ 表示矩阵的逆矩阵, R_{nn} 是所述接收装置的噪声协方差矩阵, $\bar{P}_r$ 是所述多个远程终端中远程终端的发射功率的矩阵, $\mathcal{H}_r$ 是由所述多个远程终端和所述共用上行链路信道的所述接收时空特征标记构成的多路分解时空特征标记矩阵, 所述时空多路分解装置使用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信道。

16. 根据权利要求 2 所述的方法, 其中所述时空多路分解计算所述共用上行链路信道的时空多路分解加权作为矩阵 W_{rx} 的列如下:

$$W_{rx} = (\mathcal{H}_r P_r \mathcal{H}_r^* + R_{nn})^{-1} \mathcal{H}_r \bar{P}_r,$$

其中 $(\cdot)^*$ 表示一个矩阵的复数共轭转置, $(\cdot)^{-1}$ 表示矩阵的逆矩阵, R_{nn} 是所述接收装置的噪声协方差矩阵, $\bar{P}_r$ 是所述多个远程终端中远程终端的发射功率的矩阵, $\mathcal{H}_r$ 是由所述多个远程终端和所述共用上行链路信道的所述接收时空特征标记构成的多路分解时空特征标记矩阵, 所述时空多路分解装置使用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信道。

17. 根据权利要求 1 所述的无线系统, 其中所述上行链路信号具有预定调制格式参数, 所述接收时空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所述预定调制格式参数确定所述时空多路分解加权。

18. 根据权利要求 2 所述的方法, 其中所述上行链路信号具有预定

调制格式参数，其中所述接收时空处理步骤利用来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的所述预定调制格式参数确定所述时空多路分解加权。

5 19. 根据权利要求 1 所述的无线系统，其中所述接收时空处理装置利用由所述多个远程终端的每个远程终端发射的预定校准信号确定所述时空多路分解加权。

10 20. 根据权利要求 2 所述的方法，其中所述接收时空处理步骤利用由所述多个远程终端的每个远程终端发射的预定校准信号确定所述时空多路分解加权。

15 21. 根据权利要求 1 所述的无线系统，其中所述系统包括一个与所述多个远程终端的每个远程终端同处一处的转发器，其中所述接收时空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时空特征标记。

20 22. 根据权利要求 2 所述的方法，其中所述系统包括一个与所述多个远程终端的每个远程终端同处一处的转发器，所述方法包括转发在至少一个所述远程终端接收的信号，其中所述接收时空处理步骤利用所述转发信号确定所述接收时空特征标记。

25 23. 根据权利要求 1 所述的无线系统，其中所述多个远程终端的每个远程终端包括一个转发器，所述接收时空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时空特征标记。

30 24. 根据权利要求 2 所述的方法，其中所述多个远程终端的每个远程终端包括一个转发器，所述方法包括转发在至少一个所述远程终端接收的信号，所述接收时空处理步骤利用所述转发信号确定所述接收时空特征标记。

25. 根据权利要求 1 所述的无线系统，其中所述天线元的位置和方向性是已知的，其中所述接收时空处理装置利用所述天线元的已知位置和方向性确定所述接收时空特征标记，其中所述接收时空处理装置估算来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的到达方向。

26. 根据权利要求 2 所述的方法，其中所述天线元的位置和方向性是已知的，其中所述接收时空处理步骤利用所述天线元的已知位置和方向性确定所述接收时空特征标记，其中所述接收时空处理步骤估算来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的到达方向。

27. 根据权利要求 1 所述的无线系统，其中所述天线元的位置和方向性，以及所述多个远程终端的位置是已知的，其中所述接收时空处理装置利用所述天线元的已知位置和方向性以及所述多个远程终端的已知位置确定所述接收时空特征标记。

28. 根据权利要求 2 所述的方法，其中所述天线元的位置和方向性，以及所述多个远程终端的位置是已知的，其中所述接收时空处理步骤利用所述天线元的已知位置和方向性以及所述多个远程终端的已知位置确定所述接收时空特征标记。

29. 根据权利要求 1 所述的无线系统，其中所述上行链路信号具有预定调制格式参数，所述接收时空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所述预定调制格式参数确定所述接收时空特征标记。

30. 根据权利要求 2 所述的方法，其中所述上行链路信号具有预定调制格式参数，其中所述接收时空处理步骤利用来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的所述预定调制格式参数确定所述接收时空特征标记。

31. 根据权利要求 1 所述的无线系统, 其中所述接收时空处理装置利用由所述多个远程终端的每个远程终端发射的预定校准信号确定所述接收时空特征标记。

5

32. 根据权利要求 2 所述的方法, 其中所述接收时空处理步骤利用由所述多个远程终端的每个远程终端发射的预定校准信号确定所述接收时空特征标记。

10

33. 根据权利要求 1 所述的无线系统, 进一步包括:

包括多个发射天线元和发射机的发射装置, 用于利用共用下行链路信道向所述多个远程终端发射多路复用下行链路信号,

发射时空处理装置, 用于确定和存储所述多个远程终端的发射时空特征标记; 和

15

时空多路复用装置, 使用所述发射时空特征标记和下行链路信号产生所述多路复用下行链路信号。

20

34. 根据权利要求 2 所述的方法, 其中所述系统进一步包括利用共用下行链路信道向所述多个远程终端发射多路复用下行链路信号的多个发射天线元和发射机, 所述方法包括步骤:

利用所述共用下行链路信道向所述多个远程终端发射多路复用下行链路信号;

发射时空处理, 用于确定和存储所述多个远程终端的发射时空特征标记; 和

25

时空多路复用, 使用所述发射时空特征标记和下行链路信号产生所述多路复用下行链路信号。

30

35. 根据权利要求 33 所述的无线系统, 其中所述接收装置和所述发射装置利用双工器共享共用天线元。

36. 根据权利要求 34 所述的方法, 进一步包括所述接收机和所述发射机利用双工器共享共用天线元。

5 37. 根据权利要求 33 所述的无线系统, 其中所述接收装置和所述发射装置利用发射/接收开关共享共用天线元。

38. 根据权利要求 34 所述的方法, 进一步包括在所述接收机和所述发射机之间切换共用天线元。

10 39. 根据权利要求 33 所述的无线系统, 其中所述共用上行链路信道是多个上行链路信道中的一个, 所述共用下行链路信道是多个下行链路信道中的一个, 其中所述接收时空处理装置和所述发射时空处理装置包括:

15 包括分配给所述多个上行链路信道的至少一个信道的远程终端和分配给所述多个下行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表;

时空特征标记表, 包括所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个上行链路信道的每个信道的接收时空特征标记和所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个下行链路信道的每个信道的发射时空特征
20 标记;

接收时空特征标记确定装置, 用于确定所述接收时空特征标记;
发射时空特征标记确定装置, 用于确定所述发射时空特征标记, 和
信道选择器, 利用所述活动远程终端表和所述时空特征标记表来确定所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个上行链路信道的
25 至少一个信道和到所述多个下行链路信道的至少一个信道的分配。

40. 根据权利要求 34 所述的方法, 其中所述共用上行链路信道是多个上行链路信道中的一个, 所述共用下行链路信道是多个下行链路信道中的一个, 其中所述接收时空处理步骤和所述发射时空处理步骤进一步包括:
30

形成包括分配给所述多个上行链路信道的至少一个信道的远程终端和分配给所述多个下行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表；

5 作为所述接收时空处理步骤的一部分，确定所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个所述上行链路信道的每个信道的接收时空特征标记；

作为所述发射时空处理步骤的一部分，确定所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个下行链路信道的每个信道的发射时空特征标记；

10 形成时空特征标记表，包括确定的接收时空特征标记和确定的发射时空特征标记；和

信道选择，利用所述活动远程终端表和所述时空特征标记表来确定所述活动远程终端表中的每个远程终端到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的分配。

15

41. 根据权利要求 39 所述的无线系统，其中所述接收时空处理装置和所述发射时空处理装置进一步包括：

接收时空加权处理器，用于计算向其分配一个上行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道的时空多路分解加权，所述时空多路分解装置利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号，和

20

发射时空加权处理器，用于计算向其分配一个下行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路信道的每个信道的时空多路复用加权，所述时空多路复用装置利用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号。

25

42. 根据权利要求 40 所述的方法，其中所述接收时空处理步骤和所述发射时空处理步骤进一步包括：

30

接收时空加权处理,用于确定向其分配一个上行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道的时空多路分解加权,所述时空多路分解步骤利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号,和

发射时空加权处理,用于确定向其分配一个下行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路信道的每个信道的时空多路复用加权,所述时空多路复用步骤利用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号。

43. 根据权利要求 33 所述的无线系统,其中所述共用上行链路信道是多个上行链路信道中的一个,所述共用下行链路信道是多个下行链路信道中的一个,所述多个基站中的每个基站具有所述多个接收时空处理装置中的接收时空处理装置,每个发射时空处理装置是多个发射时空处理装置中的一个,包括:

包括分配给所述多个上行链路信道的至少一个信道的远程终端和分配给所述多个下行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表;

时空特征标记表,包括所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个上行链路信道的每个信道的接收时空特征标记,和所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个下行链路信道的每个信道的发射时空特征标记;

接收时空特征标记确定装置,用于确定所述接收时空特征标记;

发射时空特征标记确定装置,用于确定所述发射时空特征标记;

接收时空加权处理器,用于计算向其分配一个上行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道的时空多路分解加权,所述时空多路分解装置利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号,和

发射时空加权处理器,用于计算向其分配一个下行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路信道的每个信道的时空多路复用加权,所述时空多路复用装置利用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号,

所述系统进一步包括:

联合信道选择器装置,用于联合确定每个所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个上行链路信道的至少一个信道,到所述多个下行链路信道的至少一个信道和到所述多个基站的至少一个基站的分配; 和

通信装置,用于传送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的所述分配。

44. 根据权利要求 34 所述的方法,其中所述共用上行链路信道是多个上行链路信道中的一个,所述共用下行链路信道是多个下行链路信道中的一个,所述多个基站中的每个基站执行所述接收时空处理步骤和所述发射时空处理步骤,其中所述接收时空处理步骤和所述发射时空处理步骤进一步包括:

形成包括分配给所述多个上行链路信道的至少一个信道的远程终端和分配给所述多个下行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表;

作为所述接收时空处理步骤的一部分,确定所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个上行链路信道的每个信道的接收时空特征标记;

作为所述发射时空处理步骤的一部分,确定所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个下行链路信道的每个信道的发射时空特征标记;

形成时空特征标记表,包括确定的接收时空特征标记和确定的发射时空特征标记; 和

接收时空加权处理,用于确定向其分配一个上行链路信道的所述活

动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个上行链路信道的每个信道的时空多路分解加权,所述时空多路分解步骤利用所述时空多路分解加权计算所述上行链路信号;

5 发射时空加权处理,用于确定向其分配一个下行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路信道的每个信道的时空多路复用加权,所述时空多路复用步骤利用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号

10 联合信道选择,用于联合确定每个所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个上行链路信道的至少一个信道,到所述多个下行链路信道的至少一个信道和到所述多个基站的至少一个基站的分配;和
传送所述多个基站中的每个基站之间的所述确定的分配。

15 45. 根据权利要求 33 所述的无线系统,其中所述时空多路复用装置确定所述共用下行链路信道的时空多路复用加权矢量作为矩阵 W_{tx} 的列如下:

$$\{W_{tx}\}_k = s_k^t \{\mathcal{H}_t(\mathcal{H}_t^* \mathcal{H}_t)^{-1}\}_{mL_t(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_t,$$

20 其中 $(\cdot)^*$ 表示一个矩阵的复数共轭转置, $(\cdot)^{-1}$ 表示矩阵的逆矩阵, $\{\cdot\}_k$ 表示矩阵的第 k 列, s_k^t 是第 k 个所述下行链路信号的幅度, $\mathcal{H}_t$ 是由所述多个远程终端和所述共用下行链路信道的所述发射时空特征标记构成的多路复用时空特征标记矩阵,其中所述时空多路复用装置使用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号。

25

46. 根据权利要求 34 所述的方法,其中所述时空多路复用步骤确定所述共用下行链路信道的时空多路复用加权矢量作为矩阵 W_{tx} 的列如下:

$$\{W_{tx}\}_k = s_k^t \{\mathcal{H}_t(\mathcal{H}_t^* \mathcal{H}_t)^{-1}\}_{mL_t(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_t,$$

30

其中 $(\cdot)^*$ 表示一个矩阵的复数共轭转置, $(\cdot)^{-1}$ 表示矩阵的逆矩阵, $\{\cdot\}_k$ 表示矩阵的第 k 列, s_k^i 是第 k 个所述下行链路信号的幅度, $\mathcal{H}_t$ 是由所述多个远程终端和所述共用下行链路信道的所述发射时空特征标记构成的多路复用时空特征标记矩阵, 其中所述时空多路复用方法使用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号。

47. 根据权利要求 33 所述的无线系统, 其中在相同的射频上发射所述下行链路信号和所述上行链路信号, 所述发射时空处理装置从接收时空多路分解加权直接确定所述发射时空多路复用加权。

48. 根据权利要求 34 所述的方法, 其中在相同的射频上发射所述下行链路信号和所述上行链路信号, 所述发射时空处理步骤从接收时空多路分解加权直接确定所述发射时空多路复用加权。

49. 根据权利要求 33 所述的无线系统, 其中所述系统包括一个与所述多个远程终端的每个远程终端同处一处的转发器, 其中所述发射时空处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述发射时空特征标记。

50. 根据权利要求 34 所述的方法, 其中所述系统包括一个与所述多个远程终端的每个远程终端同处一处的转发器, 所述方法包括转发在至少一个所述远程终端接收的信号, 其中所述发射时空处理步骤利用所述转发信号确定所述发射时空特征标记。

51. 根据权利要求 33 所述的无线系统, 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, 其中所述发射时空处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述发射时空特征标记。

52. 根据权利要求 34 所述的方法, 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，所述方法包括转发在至少一个所述远程终端接收的信号，其中所述发射时空处理步骤利用所述转发信号确定所述发射时空特征标记。

5 53. 根据权利要求 33 所述的无线系统，其中所述天线元的位置和方向性是已知的，其中所述发射时空处理装置利用所述天线元的已知位置和方向性确定所述发射时空特征标记，并估算来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的到达方向。

10 54. 根据权利要求 33 所述的无线系统，其中所述天线元的位置和方向性以及所述多个远程终端的位置是已知的，其中所述发射时空处理装置利用所述天线元的已知位置和方向性以及所述多个远程终端的已知位置确定所述发射时空特征标记。

15 55. 根据权利要求 34 所述的方法，其中所述天线元的位置和方向性以及所述多个远程终端的位置是已知的，其中所述发射时空处理步骤利用所述天线元的已知位置和方向性以及所述多个远程终端的已知位置确定所述发射时空特征标记。

20 56. 根据权利要求 34 所述的方法，其中所述天线元的位置和方向性是已知的，其中所述发射时空处理步骤利用所述天线元的已知位置和方向性确定所述发射时空特征标记，并估算来自所述多个远程终端的所述上行链路信号的到达方向。

25 57. 根据权利要求 33 所述的无线系统，其中所述下行链路信号具有预定调制格式参数，所述发射时空处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述发射时空特征标记。

30 58. 根据权利要求 34 所述的方法，其中所述下行链路信号具有预定调制格式参数，其中所述发射时空处理步骤利用所述的转发信号确定

所述发射时空特征标记。

59. 根据权利要求 33 所述的无线系统，其中所述下行链路信号具有预定调制格式参数，所述发射时空特征标记是由所述多个远程终端中的对应终端利用所述下行链路信号的预定调制格式参数确定的。

60. 根据权利要求 33 所述的无线系统，其中在相同的射频上发射所述下行链路信号和所述上行链路信号，所述发射时空处理装置通过从所述接收时空特征标记直接计算发射时空特征标记来确定所述发射时空特征标记。

61. 根据权利要求 34 所述的方法，其中在相同的射频上发射所述下行链路信号和所述上行链路信号，所述发射时空处理步骤通过从所述接收时空特征标记直接计算发射时空特征标记确定所述发射时空特征标记。

62. 一种包括至少一个利用共用下行链路信道向多个远程终端发射的基站的无线系统，所述系统包括：

在所述至少一个基站包括多个发射天线元和发射机的发射装置，用于向所述多个远程终端发射多路复用下行链路信号，

其特征在于，所述系统还包括：

发射时空处理装置，其位于所述的至少一个基站处，用于确定和存储所述多个远程终端的发射时空特征标记；和

时空多路复用装置，其位于所述的至少一个基站处，使用所述发射时空特征标记和下行链路信号产生所述多路复用下行链路信号，

其中所述至少一个基站可以在共用下行链路信道上同时向所述多个远程终端发射所述下行链路信号。

63. 在包括至少一个基站的无线系统，所述至少一个基站包括多个发射天线元和发射机，用于利用共用下行链路信道向多个远程终端发射的方法，所述方法包括：

在所述至少一个基站利用所述发射机向所述多个远程终端发射多路复用下行链路信号，

其特征在于，所述方法还包括：

所述至少一个基站处的发射时空处理，用于确定和存储所述多个远程终端的发射时空特征标记；和

所述至少一个基站处的时空多路复用，使用所述发射时空特征标记和下行链路信号产生所述多路复用下行链路信号。

64. 根据权利要求 62 所述的无线系统，其中所述共用下行链路信道是多个下行链路信道中的一个，其中所述发射时空处理装置包括：

包括分配给所述多个下行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表；

时空特征标记表，包括所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个下行链路信道的每个信道的发射时空特征标记；

发射时空特征标记确定装置，用于确定所述发射时空特征标记；和

发射信道选择器，利用所述活动远程终端表和所述时空特征标记表来确定所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个下行链路信道的至少一个信道的分配。

65. 根据权利要求 63 所述的方法，其中所述共用下行链路信道是多个下行链路信道中的一个，其中所述发射时空处理步骤包括：

形成包括分配给所述多个下行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表；

确定所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个下行链路信道的每个信道的发射时空特征标记；

形成时空特征标记表，包括发射时空特征标记；和

发射信道选择，利用所述活动远程终端表和所述时空特征标记表来确定所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个下行链路信道的至少一个信道的分配。

66. 根据权利要求 64 所述的无线系统，其中所述发射时空处理装

置进一步包括：

5 发射时空加权处理器，用于计算一个下行链路信道被其分配到所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述活动远程终端表中的每个终端的时空多路复用加权，所述时空多路复用装置利用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号。

67. 根据权利要求 65 所述的方法，其中所述发射时空处理步骤进一步包括：

10 发射时空加权处理，用于计算一个下行链路信道被其分配到所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述活动远程终端表中的每个终端的时空多路复用加权，所述时空多路复用步骤利用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号。

15 68. 根据权利要求 62 所述的无线系统，其中所述至少一个基站是多个基站中的一个，所述共用下行链路信道是多个下行链路信道中的一个，所述多个基站中的每个基站具有所述多个发射时空处理装置中的一个发射时空处理装置，包括：

包括分配给所述多个下行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表；

20 时空特征标记表，包括所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个下行链路信道的每个信道的发射时空特征标记；

发射时空特征标记确定装置，用于确定所述发射时空特征标记；和

25 发射时空加权处理器，用于计算向其分配一个下行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路信道的每个信道的时空多路复用加权，所述时空多路复用装置利用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号，

所述系统进一步包括：

30 联合信道选择器装置，用于联合确定所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个下行链路信道的至少一个信道和到所述多个基站

的至少一个基站的分配；和

通信装置，用于传送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的所述分配。

5 69. 根据权利要求 63 所述的方法，其中所述至少一个基站是多个基站中的一个，所述共用下行链路信道是多个下行链路信道中的一个，所述多个基站中的每个基站执行所述发射时空处理步骤和所述发射时空处理步骤包括：

10 形成包括分配给所述多个下行链路信道的至少一个信道的远程终端表的活动远程终端表；

确定所述多个远程终端的每个远程终端和所述多个下行链路信道的每个信道的发射时空特征标记；

形成时空特征标记表，包括发射时空特征标记；

15 发射时空加权处理，用于确定向其分配一个下行链路信道的所述活动远程终端表中的每个终端和分配给所述活动远程终端表中的至少一个终端的所述多个下行链路信道的每个信道的时空多路复用加权，所述时空多路复用步骤利用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号；

20 联合信道选择，用于联合确定所述活动远程终端表中的每个远程终端到所述多个下行链路信道的至少一个信道和到所述多个基站的至少一个基站的分配；和

传送所述多个基站中的每个基站之间的所述确定的分配。

25 70. 根据权利要求 62 所述的无线系统，其中所述时空多路复用装置确定所述共用下行链路信道的时空多路复用加权矢量作为矩阵 W_{tx} 的列如下：

$$\{W_{tx}\}_k = s_k^i \{\mathcal{H}_i(\mathcal{H}_i^* \mathcal{H}_i)^{-1}\}_{mL_i(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_i,$$

30 其中 $(\cdot)^*$ 表示一个矩阵的复数共轭转置， $(\cdot)^{-1}$ 表示矩阵的逆矩阵， $\{\cdot\}_k$ 表示矩阵的第 k 列， s_k^i 是第 k 个所述下行链路信号的幅度，

$\mathcal{H}_t$ 是由所述多个远程终端和所述共用下行链路信道的所述发射时空特征标记构成的多路复用时空特征标记矩阵, 所述时空多路复用装置使用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号。

- 5 71. 根据权利要求 63 所述的方法, 其中所述时空多路复用步骤确定所述共用下行链路信道的时空多路复用加权矢量作为矩阵 $\mathbf{W}_{tx}$ 的列如下:

$$\{\mathbf{W}_{tx}\}_k = s_k^t \{\mathcal{H}_t(\mathcal{H}_t^* \mathcal{H}_t)^{-1}\}_{mL_t(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_t,$$

- 10 其中 $(\cdot)^*$ 表示一个矩阵的复数共轭转置, $(\cdot)^{-1}$ 表示矩阵的逆矩阵, $\{\cdot\}_k$ 表示矩阵的第 k 列, s_k^t 是第 k 个所述下行链路信号的幅度, $\mathcal{H}_t$ 是由所述多个远程终端和所述共用下行链路信道的所述发射时空特征标记构成的多路复用时空特征标记矩阵, 所述时空多路复用方法使用所述时空多路复用加权产生所述多路复用下行链路信号。

- 15 72. 根据权利要求 62 所述的无线系统, 其中所述系统包括一个与所述多个远程终端的每个远程终端同处一处的转发器, 其中所述发射时空处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述发射时空特征标记。

- 20 73. 根据权利要求 63 所述的方法, 其中所述系统包括一个与所述多个远程终端的每个远程终端同处一处的转发器, 所述方法包括转发在至少一个远程终端接收的信号, 其中所述发射时空处理步骤利用所述转发信号确定所述发射时空特征标记。

- 25 74. 根据权利要求 62 所述的无线系统, 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, 其中所述发射时空处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述发射时空特征标记。

- 30 75. 根据权利要求 63 所述的方法, 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，所述方法包括转发在至少一个远程终端接收的信号，其中所述发射时空处理步骤利用所述转发信号确定所述发射时空特征标记。

5 76. 根据权利要求 62 所述的无线系统，其中所述下行链路信号具有预定调制格式参数，所述发射时空处理装置利用从至少一个转发器转发的信号确定所述发射时空特征标记。

10 77. 根据权利要求 63 所述的方法，其中所述下行链路信号具有预定调制格式参数，所述发射时空处理步骤利用所述的转发信号确定所述发射时空特征标记。

15 78. 根据权利要求 62 所述的无线系统，其中所述下行链路信号具有预定调制格式参数，所述发射时空特征标记是由所述多个远程终端中的对应终端利用所述下行链路信号的预定调制格式参数确定的。

20 79. 根据权利要求 62 所述的无线系统，其中所述天线元的位置和方向性以及所述多个远程终端的位置是已知的，其中所述发射时空处理装置利用所述天线元的已知位置和方向性以及所述多个远程终端的已知位置确定所述发射时空特征标记。

25 80. 根据权利要求 63 所述的方法，其中所述天线元的位置和方向性以及所述多个远程终端的位置是已知的，其中所述发射时空处理步骤利用所述天线元的已知位置和方向性以及所述多个远程终端的已知位置确定所述发射时空特征标记。

具有时空处理的频谱高效率大容量无线通信系统

5 本申请是 1995 年 1 月 20 日提交的题为"频谱高效率大容量无线通信系统"的待审美国专利申请序号 No.08/375,848 的继续部分,也是 1991 年 12 月 12 日提交的题为"空分多址无线通信系统"的美国专利申请序号 No.07/806,695, 和 1994 年 4 月 28 日提交的题为"校准天线阵列的方法和装置"的美国专利申请序号 No.08/234,747 的继续部分。

10

技术领域

本发明涉及无线通信系统,特别是使用天线阵和信号处理动态地提高无线通信系统的容量和性能。

15

背景技术

20

无线通信系统可用来补充有线线路系统和在某些情况下在现有有线线路系统不能使用,不可靠,或非常昂贵的地区代替常规的有线通信系统。这些地区的例子有:用户数量少且分布散的农村地区,很少或没有基础设施的不发达地区,有线基础设施不可靠的地区中对可靠性要求敏感的应用,垄断的有线业务提供商人为地维持高价的政治环境。即使在大城市 and 高度发达的国家,无线通信系统可用于低价普通通信,新的灵活数据业务,和应急通信系统。通常,无线通信系统可用于象常规电话系统这样的话音通信,以及基于无线电的广域网或局域网中的数据通信。

25

无线用户使用诸如蜂窝电话和装备有无线收发信机的数据调制解调器之类的远程终端接入无线通信系统。该系统(特别是远程终端)具有用于初始呼叫、接收呼叫、和普通信息传送的协议。可在例如电路交换话音通话和传真的情况下以实时方式,或在例如经常是电子邮件、寻呼和其它类似的消息传送系统的情况下以存储转发方式进行信息传送。

30

通常向无线通信系统分配一部分射频频谱供它们工作。把所分配的

5 频谱部分划分成多个通信信道。可以按频率、时间、代码、或上面的某些组合区分这些信道。这些通信信道中的每一个在此被称为信道。在常规通信系统中，这些设计为分离或不重叠的(按时间、频率和/或代码)信道，在此称为常规信道。在此，这些信道共享公用资源，它们可以是非重叠、部分重叠或完全重叠的。无线系统可根据可提供的频率分配而具有从一到数百个通信信道。为提供全双工通信链路，通常把一些通信信道用于从基站向用户的远程终端(下行链路)通信，而另一些用于从用户远程终端向基站(上行链路)的通信。

10 无线通信系统一般具有一个或多个无线基站，每个基站对被称为蜂窝的地区提供覆盖，并经常作为一个显示点(point-of-presence)(PoP)提供到诸如公共交换电话网(PSTN)之类的广域网的连接。经常向每个无线基站分配预定的可使用的通信信道的子集，以便试图使系统用户受到的干扰量最小。在其蜂窝中，无线基站可利用每个远程终端的不同常规通信信道同时与许多远程终端通信。

15 如上所述，基站可起到 PoP 的作用，提供到一个或多个有线通信系统的连接。这些系统包括局域数据网、广域数据网、和 PSTN。因此，可向远端用户提供到局域和/或广域数据业务以及本地公共电话系统的接入。基站还可用于提供局部连接而不用直接接入诸如局域紧急和移动战区通信系统之类的有线网络。基站还可以提供各种连接。在上述例子中，假设在点对点通信中两个用户之间的两个方向中流入大致相等信息量。在象交互电视之类的其它应用中，在基站同时向所有用户广播信息，并且处理来自许多远端单元的响应。

25 然而，常规无线通信系统的频谱效率相对较低。在常规无线通信系统中，只有一个远程终端可在任何一段时间使用一个蜂窝内的任何一个常规信道。如果蜂窝中一个以上的远程终端试图在同一时间使用相同信道，与远程终端相关联的下行链路和上行链路信号相互干扰。由于常规接收机技术不能消除这些组合的上行链路和下行链路信号中的干扰，在

30

出现干扰时，远程终端不能有效地与基站通信。因此，系统的总容量受到基站可提供的常规信道的数量的限制，并且在整个系统中，受到在多个蜂窝中重新使用这些信道的方式的限制。因此，常规无线系统不能在有线通信系统附近提供容量。

5

在 1995 年 1 月 20 日提交的题为"频谱高效率大容量无线通信系统"的待审美国专利申请 No.08/375848 中，我们已公开了使用天线阵列和信号处理来分离组合的接收(上行链路)信号。我们还公开了使用发射空间多路复用的下行链路信号。其结果是提高了无线通信系统的频谱效率、容量、信号质量、和覆盖区。通过允许多个用户同时共享一个蜂窝内的相同通信信道而不相互干扰，并进一步通过允许覆盖许多蜂窝的一个地区内的相同信道的更频繁的重新使用来提高容量。通过适当地处理从多个天线元接收和由多个天线元发射的信号来改善信号质量和覆盖区域。此外，原申请 No.08/375,848 和在此描述的发明目的是通过在多个基站和远程终端中动态分配信道来提供容量增加。

10
15

简而言之，原申请 No.08/375,848 的发明包括天线阵列和用于测量、计算、存储、和使用无线通信系统中的接收机和发射机的空间特征标记的信号处理装置，以提高系统容量、信号质量、覆盖范围，并降低整个系统的费用。可以在基站(PoP)和远程终端采用天线阵列和信号处理装置。一般来说，在许多信号集中的基站与在通常只管理有限数量通信链路的远程终端相比可具有不同的处理要求。

20

作为例子，在无线本地环路应用中，一个特定的基站可作为许多远程终端的 PoP 并采用在此所述的天线阵列和信号处理装置。另外，远程终端可采用天线阵列和信号处理装置以便在处理几个通信链路的更简单的远程终端上进一步改善其容量和信号质量。在此，基站和远程终端之间的区别在于：基站通常起到同时连接到多个远端单元的集中器的作用，可以提供到广域网的高容量连接。为清楚起见，在此以不采用天线阵列的简单远程终端为依据来表述下面的讨论，在此不应将其解释为限

25
30

制该应用。因此，此后空间特征标记将主要与远程终端有关，当在远程终端采用天线阵列时，基站也具有相关的空间特征标记。

简而言之，如原申请 No.08/375,848 中所描述的，在一个特定频率通道上有两个与每个远程终端/基站对有关的空间特征标记，为了该讨论的目的，假设只有基站具有天线阵列。基站通过与远程终端如何接收由基站的天线阵列向其发射的信号有关的空间特征标记，和与基站的接收天线阵列如何接收由远程终端发射的信号有关的第二空间特征标记与其蜂窝内的每个远程终端相关。在具有许多信道的系统中，每个远程终端/基站对具有针对每个信道的发射和接收空间特征标记。

接收空间特征标记以基站天线阵列如何在一个特定信道中从该特定远端单元接收信号为特征。在一个实施例中，它是包括每个天线元接收机的响应(相对与基准的幅度和相位)的复数矢量，即对于 m 元的阵列，

$$\mathbf{h}_r = [h_r^1, h_r^2, \dots, h_r^m]^T, \quad (1)$$

其中 h_r^i 是第 i 个接收机对来自远程终端的单位功率发射信号的响应。假设从远程终端发射窄带信号 $s_r(t)$ 是从远程终端发射的，基站接收机在时间 t 的输出则由下式给出

$$\mathbf{x}_r(t) = \mathbf{h}_r s_r(t - \tau) + \mathbf{n}_r(t), \quad (2)$$

其中 τ 说明远程终端和基站天线阵列之间的平均传播延迟， $\mathbf{n}_r(t)$ 表示环境和接收机中出现的噪声。

在原申请 No.08/375,848 中，发射空间特征标记以远程终端如何在一个特定信道中从基站的每个天线阵列元接收信号为特征。在一个实施例中，它是包含远程终端接收机输出中包含的每个天线元发射机输出的相对量(相对于基准的幅度和相位)的复数矢量，即对于 m 元阵列，

$$\mathbf{h}_t = [h_t^1, h_t^2, \dots, h_t^m]^T, \quad (3)$$

其中 h_t^i 是远程终端接收机输出相对于从基站阵列中的第 i 个元发射的单位功率信号的幅度和相位(相对于某个固定基准)。假设复数信号

的矢量 $\mathbf{s}_t(t) = [s_{t1}(t), \dots, s_{tm}(t)]^T$ 是从天线阵列发射的，远程终端接收机的输出则由下式给出

$$z_i(t) = \mathbf{h}_i^T \mathbf{s}_t(t - \tau) + n_i(t), \quad (4)$$

5 其中 $n_i(t)$ 表示该环境和接收机中出现的噪声。在每个基站计算(估算)和存储其蜂窝中的每个远程终端和每个信道的这些空间特征标记。对于稳定环境中的固定远程终端和基站，可以不经常更新空间特征标记。然而，在 RF 传播环境中基站和远程终端之间的变化通常可改变该特征标记并需要对它们进行更新。在后面指出，抑制括号内的时间自变量;括号内仅用整数索引矢量和矩阵。

10

在上面的讨论中，假设接收机和发射机时间匹配。如果时间响应中存在差异，使用熟知的时间滤波技术可均衡这些差异。此外，假设信道带宽比工作的中心频率小。大带宽信道可能需要多于一个复数矢量，以便精确地描述熟知的输出。

15

在原申请 No.08/375,848 中，当一个以上的远程终端想同时通信时，基站的信号处理装置使用远程终端的空间特征标记确定它们的子集是否能够通过共享信道同时与该基站通信。在带有 m 个接收和 m 个发射天线元的系统中，多达 m 个远程终端可同时共享同一个信道。

20

当多个远程终端共享一个单一的上行链路信道时，基站的多个天线元各自测量到达的上行链路信号与噪声的组合。这些组合由天线元的相对位置、远程终端的位置、和 RF 传播的环境产生。信号处理装置计算空间多路分解加权，以使上行链路信号与由多个天线元测量的上行链路信号的组合分离。

25

在从基站向远程终端发送不同下行链路信号的应用中，信号处理装置计算用来产生多路复用下行链路信号的空间多路复用加权，在从基站的天线元发射时，空间多路复用加权导致在每个远程终端以适当的信号质量接收校正的下行链路信号。

30

在从基站向大量(大于天线元的数量)远程终端发射相同信号的情况下, 信号处理装置计算适于广播信号的加权, 覆盖到达所有远程终端所需的区域。

5 因此, 在原申请 No.08/375,848 中, 信号处理装置便于一个基站与多个远程终端之间在同一信道上同时通信。信道可以是频率通道, 时分复用系统中的时隙, 码分复用系统中的编码, 或上面的任何组合。在一个实施例中, 一个单一天线阵列的所有元发射和接收射频信号, 而在另一个实施例中天线阵列包括分开的发射天线元和接收天线元。发射和接收
10 天线元的数量不必相同。

当存在宽带信道和/或存在着明显的延迟扩展或散射时, 使用熟知的时间均衡, 在原申请 No.08/375,848 中, 如果需要, 假设在空间多路分解之后执行该时间均衡。FDMA(或 CDMA)系统中的信道化是进行滤波
15 以便分离出频率(或编码)信道, 并在空间处理之前执行。这样使空间处理与诸如均衡和信道化之类的时间处理去耦很可能不是最佳的, 组合空间和时间处理可能有性能优点。因此, 本领域中需要将空间与时间处理定义在一起作为单一的时空处理步骤的方法和装置, 以及用于执行该时空处理的方法和装置。

20 发明内容

因此, 本发明的一个目的是使用天线阵列和信号处理来分离使用时空信号处理的接收(上行链路)信号的组合。本发明的另一个目的是发射空间多路复用的下行链路信号, 由时空处理确定的空间多路复用下行链
25 路信号。

简而言之, 本发明包括天线阵列和用于测量、计算、存储和使用无线通信系统中的接收机和发射机的时空特征标记的信号处理器, 以提高系统容量、信号质量、和覆盖范围, 并降低整个系统的费用。天线阵列
30 和信号处理器可在基站(PoP)和远程终端使用。一般来说, 在许多信号集

中的基站与在通常只管理有限数量通信链路的远程终端相比可具有不同的处理要求。

5 作为例子，在无线本地环路应用中，一个特定的基站可作为许多远程终端的 PoP 并采用在此所述的天线阵列和信号处理装置。另外，远程终端可采用天线阵列和信号处理装置以便在处理几个通信链路的更简单的远程终端上进一步改善其容量和信号质量。作为在此使用的术语，基站和远程终端之间的区别在于：基站通常起到同时连接到多个远端单元的集中器的作用，可以提供到广域网的高容量连接。为简单起见，在此的大部分说明是带有不采用天线阵列的简单远程终端的系统。然而，不应将其解释为限制该应用。因此，此后时空特征标记将主要与远程终端有关，当在远程终端采用天线阵列时，基站也具有相关的时空特征标记。

15 在每个基站计算(估算)和存储其蜂窝中的每个远程终端和每个信道的时空特征标记。对于稳定环境中的固定远程终端和基站，可以不经常更新时空特征标记。然而，在 RF 传播环境中基站和远程终端之间的变化通常可改变该特征标记并需要对它们进行更新。

20 当一个以上的远程终端想同时通信时，基站的信号处理器使用远程终端的时空特征标记确定它们的子集是否可通过共享信道同时与该基站通信。

25 当多个远程终端正在使用重叠上行链路信道时，基站的多个天线元各自测量到达的上行链路信号与噪声的组合。这些组合由天线元的相对位置、远程终端的位置、接收机和发射机的频率特性、信号的频谱内容、和 RF 传播的环境产生。信号处理器计算时空多路分解加权，以使上行链路信号与由多个天线元测量的上行链路信号的组合分离。

30 在从基站向远程终端发送不同下行链路信号的应用中，信号处理器

计算用来产生多路复用下行链路信号的时空多路复用加权，从基站的天线元发射时空多路复用下行链路信号导致在每个远程终端以适当的信号质量接收校正的下行链路信号。

5 在从基站向大量远程终端发射相同信号的情况下，信号处理器计算适于广播信号的时空发射加权，覆盖到达所有远程终端所需的区域。

10 因此，信号处理器便于一个基站与多个远程终端之间在重叠信道上同时通信。信道可以是频率通道(频分多址 FDMA)，时分复用系统中的时隙(时分多址 TDMA)，码分复用系统中的编码(码分多址 CDMA)，或上面的任何组合。该信道也可以由多个常规信道组成。

15 在一个实施例中，一个单一天线阵列的所有元发射和接收射频信号，而在另一个实施例中天线阵列包括分开的发射天线元和接收天线元。发射和接收天线元的数量不必相同。

本发明及其目的和特性从下面结合附图和所附权利要求的说明中将变得更加显而易见。

20 有两个时空特征标记与一个特定频率通道上的每个远程终端/基站对相关，为了讨论的目的，假设只有基站具有天线阵列。基站通过与远程终端如何接收由基站的天线阵列向其发射的信号有关的发射时空特征标记，和与基站的接收天线阵列如何接收由远程终端发射的信号有关的接收时空特征标记与其蜂窝内的每个远程终端相关。在具有多个信道的系统中，每个远程终端/基站对具有针对每个信道的发射和接收时空特征标记。

25

30 接收时空特征标记以基站天线阵列如何在一个特定信道中从该特定远端单元接收信号为特征。在一个实施例中，它是包括如下所述的天线元接收机的冲激响应的矩阵。

假设从远程终端发射信号 $s_r(t)$ 。设 m 是在基站中天线和相关接收机的数量。那么在一个实施例中， m 个基站接收机在时间 t 的输出可表示为

$$\mathbf{x}_r(t) = \begin{bmatrix} x_{r1}(t) \\ x_{r2}(t) \\ \vdots \\ x_{rm}(t) \end{bmatrix} = \mathbf{h}_r \mathbf{s}_r^{M_r}(t - \tau) + \mathbf{n}_r(t), \quad (5)$$

其中

$$\mathbf{s}_r^{M_r}(t - \tau) = \begin{bmatrix} s_r(t - \tau) \\ s_r(t - T - \tau) \\ \vdots \\ s_r(t - (M_r - 1)T - \tau) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$\mathbf{h}_r$ 是信道响应矩阵，在该实施例中假设以有限冲激响应滤波器为准确特征。用 τ 表示远程终端和基站天线阵列之间的平均传播延迟， T 是抽样时间，并且在该实施例中假设其满足熟知的奈奎斯特抽样定理。 M_r 是信道响应长度， $\mathbf{n}_r(t)$ 表示环境和接收机中出现的噪声。在天线元接收机 i 的信道响应由行矢量 $\mathbf{h}_r(i)$ 给出。信道响应矩阵是单独的信道响应的集合

$$\mathbf{h}_r = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_r(1) \\ \vdots \\ \mathbf{h}_r(m) \end{bmatrix} \quad (7)$$

如果通信信道、天线元、接收机和发射机滤波器的冲激响应的长度是 M_r ，该冲激响应则等于信道响应矩阵 $\mathbf{h}_r$ 。如果冲激响应持续时间更长，信道响应矩阵 $\mathbf{h}_r$ 是该冲激响应的近似值，并且所生成的误差加入到噪声项 $\mathbf{n}_r(t)$ 。在一个实施例中，延时接收机的输出，在此称为时空接收矢量 $\mathbf{z}_r(t)$ 由下式建立

$$z_r(t) = \begin{bmatrix} x_r(t) \\ x_r(t-T) \\ \vdots \\ x_r(t-T(L_r-1)) \end{bmatrix} = H_r s_r^{M_r+L_r-1}(t-\tau) + e_r(t). \quad (8)$$

5 其中 L_r 是滑动窗口的长度

$$H_r = \begin{bmatrix} h_r & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & h_r & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & h_r \end{bmatrix} \quad e_r(t) = \begin{bmatrix} n_r(t) \\ n_r(t-T) \\ \vdots \\ n_r(t-T(L_r-1)) \end{bmatrix} \quad (9)$$

10

$mL_r \times (M_r + L_r - 1)$ 矩阵 H_r 被称为在一个特定信道上远程终端发射 $s_r(t)$ 而基站接收 $z_r(t)$ 的接收时空特征标记。

15 当多个远程终端在同一个信道上活动时, 单个的接收时空特征标记收集在多路分解时空特征标记矩阵 $\mathcal{H}_r$ 中。对于每个信道, $\mathcal{H}_r$ 是由单个时空接收特征标记形成的:

$$\mathcal{H}_r = [\mathbf{H}_r^1, \mathbf{H}_r^2, \cdots, \mathbf{H}_r^{n_r}], \quad (10)$$

20 其中 $\mathbf{H}_r^i$ 是当前在该信道上活动的第 i 个远程终端的接收时空特征标记, 如等式(9)所示, n_r 该信道上远程终端的总数。

25 应指出, 当信道响应长度为 1, 即 $M_r = 1$, 滑动窗口长度也是 1, 即 $L_r = 1$ 时, 该时空特征标记对应于我们于 1995 年 1 月 20 日提交的题为 "频谱高效率大容量无线通信系统" 的待审美国专利申请 No.08/375,848 中描述的空间特征标记。对于这种情况, 信道响应矩阵 h_r 是列矢量, 接收矢量具有下列形式

$$z_r(t) = h_r s_r(t-\tau) + n_r(t). \quad (11)$$

在带有有限延时扩展的传播环境中,这是一种适合于窄带通信信号的模型。对于这种情况,可以在如我们于1995年1月20日提交的题为"频谱高效率大容量无线通信系统"的待审美国专利申请 No.08/375,848 中描述的高容量无线通信系统的设计中使用空间处理。

5

上面模型的另一种特殊情况是通过设天线数量等于1,即 $m=1$, 和设滑动窗口长度也是1,即 $L_T=1$ 得到的。由下式给出单个接收机的输出

$$z_r(t) = h_r(1)s_r^{M_r}(t - \tau) + n_r(t). \quad (12)$$

10

该模型对应于经常使用的时间扩散通信信道的离散时间表达式。由长度为 M_T 的有限冲激响应滤波器建立信道模型。对于这种情况,可以应用时间处理以抵销通信信道的作用。如何对单个天线的情况应用这种时间处理在本领域中是熟知的。

15

等式(8)中给出的模型结合了通信信道的空间和时间两度内容。

现在考虑从基站到远程终端的通信信道。发射时空特征标记以远程终端如何在特定信道从基站的每个天线阵列元接收信号为特征。在一个实施例中,它是一个包含如下所述从天线元发射机输出到远程终端接收机输出的冲激响应的复数矩阵。

20

设矩阵 h_t 是从基站发射机到远程终端的信道响应矩阵。矩阵 h_t 的第 i 行是从发射机 i 到该远程终端的信道响应。信道响应的最大长度是 M_t 。如果通信信道、天线元、发射和接收滤波器的冲激响应的长度是 M_t , 该信道的冲激响应则等于信道响应。如果冲激响应的持续时间更长,信道响应是冲激响应矩阵的近似值。当从基站天线阵列发射信号 $s_t(t)$ 时, 设 $s_{ti}(t)$ 是从第 i 个基站天线发射的复数信号并设

25

$$s_t(t) = \begin{bmatrix} s_{t1}(t) \\ s_{t2}(t) \\ \vdots \\ s_{tm}(t) \end{bmatrix}. \quad (13)$$

5 现在由下式给出远程终端接收的输出 $z_t(t)$

$$z_t(t) = [h_t^T(1) \cdots h_t^T(M_t)] s_t^{M_t}(t - \tau) + n_t(t) \quad (14)$$

其中

$$10 \quad s_t^{M_t}(t) = \begin{bmatrix} s_t(t) \\ s_t(t - T) \\ \vdots \\ s_t(t - (M_t - 1)T) \end{bmatrix} \quad h_t = [h_t(1), h_t(2), \dots, h_t(M_t)], \quad (15)$$

。项 $n_t(t)$ 表示在环境和接收机和模型误差中出现的噪声和干扰。

现在考虑当由标量信号 $d(t)$ 构成在基站的信号 $s_t(t)$ 时的情况，

15

$$s_t(t) = \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* d^{L_t}(t) \quad (16)$$

其中 $\overline{\mathbf{W}}_{tx}$ 是由复数标量构成的 $L_t \times m$ 多路复用权矩阵, $(\cdot)^*$ 是一个矩阵的复数共轭转置, 和

$$20 \quad d^{L_t}(t) = \begin{bmatrix} d(t) \\ \vdots \\ d(t - (L_t - 1)T) \end{bmatrix}. \quad (17)$$

则保持下面的关系

25

$$s_t^{M_t}(t) = \begin{bmatrix} s(t) \\ \vdots \\ s(t - (M_t - 1)T) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d(t) \\ \vdots \\ d(t - (M_t + L_t - 2)T) \end{bmatrix} \quad (18)$$

30

在等式(14)中使用上面的等式(18), 按照从基站发送的信号 $d(t)$ 表示

在终端接收的信号 $z_t(t)$

$$z_t(t) = [h_t^T(1) \cdots h_t^T(M_t)] \begin{bmatrix} \overline{W}_{tx} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \overline{W}_{tx} & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \overline{W}_{tx} \end{bmatrix} d^{M_t+L_t-1}(t-\tau) + n_t(t) \quad (19)$$

直接将等式(19)重新转写成下面的形式

$$z_t(t) = w_{tx}^* H_t d^{M_t+L_t-1}(t-\tau) + n_t(t), \quad (20)$$

其中

$$w_{tx} = \begin{bmatrix} w_{tx}^T(1) \\ \vdots \\ w_{tx}^T(L_t) \end{bmatrix} \text{ is } (mL_t \times 1), \quad \overline{W}_{tx} = \begin{bmatrix} w_{tx}(1) \\ \vdots \\ w_{tx}(L_t) \end{bmatrix} \text{ is } (L_t \times m), \quad (21)$$

和

$$H_t = \begin{bmatrix} h_t & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & h_t & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & h_t \end{bmatrix}. \quad (22)$$

发射时空特征标记 H_t 是一个描述时空发射矢量 $d^{M_t+L_t-1}(t)$ 和在远程终端的接收信号 $z_t(t)$ 之间关系的 $mL_t \times (M_t+L_t-1)$ 矩阵。

当多个远程终端在同一信道上活动时,在多路复用时空特征标记矩阵 $\mathcal{H}_t$ 中收集单个发射时空特征标记。对于每个信道, $\mathcal{H}_t$ 是使用发射时空特征标记形成的:

$$\mathcal{H}_t = [H_t^1, H_t^2, \cdots, H_t^{n_t}], \quad (23)$$

其中 H_t^i 是当前在该信道上活动的第 i 个远程终端的发射时空特征标记, 如等式(22)所示, n_t 是该信道上远程终端的总数。

在后面应注意，假设抽样时间 T 的一致性并不丧失其一般性。

附图说明

- 5
- 图 1 是根据本发明的基站的功能方框图。
- 图 2 是基站中多信道接收机的功能方框图。
- 图 3 是基站中时空多路分解器的功能方框图。
- 图 4 是基站中时空多路分解器的时间滤波器的功能方框图。
- 图 5 是基站中基站中时空多路复用器的功能方框图。
- 10
- 图 7 是基站中多信道发射机的功能方框图。
- 图 8 是基站中时空处理器的的功能方框图。
- 图 9 是带有转发器开关的远程终端的功能方框图。
- 图 10 是远程终端的功能方框图。
- 图 11 是由三个基站和一个多基站控制器构成的网络系统的示意图。

15

参考标号表

- 1.基站
- 2.基站通信链路
- 3.基站控制器
- 20
- 4.解调的接收信号
- 5.分离的上行链路信号
- 6.接收的信号测量
- 7.多路分解的加权
- 8.定向发射的数据
- 25
- 9.用于发送的多路复用调制信号
- 10.要发射的调制，多路复用信号
- 11.要发射的基站校准信号
- 12.多路复用加权
- 13.时空处理器
- 30
- 14.多信道发射机

	15.多信道接收机
	16a.多信道接收机
	16m.多信道接收机
	17a.多信道发射机
5	17m.多信道发射机
	18a.发射天线
	18m.发射天线
	19a.接收天线
	19m.接收天线
10	20.时空多路分解器
	21.加法器
	22a.时间滤波器
	22i.时间滤波器
	22m.时间滤波器
15	23.时空多路复用器
	24.信号调制器
	25.信号解调器
	26a.乘法器
	26b.乘法器
20	26L.乘法器
	27a.抽样延迟
	27b.抽样延迟
	27L.抽样延迟
	28.加法器
25	29a.时间滤波器
	29i.时间滤波器
	29m.时间滤波器
	30a.乘法器
	30b.乘法器
30	30L.乘法器

	31a.抽样延迟
	31b.抽样延迟
	31L.抽样延迟
	32.加法器
5	33.时空控制数据
	35.共用接收机振荡器
	36.接收机控制数据
	37.发射机控制数据
	38.共用发射机振荡器
10	39.时空处理器控制器
	40.活动远程终端表
	41.信道选择器
	42.远程终端数据库
	43.时空加权处理器
15	44.时空特征标记处理器
	45.远程终端天线
	46.远程终端双工器
	47.远程终端双工器输出
	48.远程终端接收机
20	49.远程终端接收的信号
	50.远程终端接收的校准信号
	51.远程终端解调器
	52.远程终端解调数据
	53.远程终端键盘和键盘控制器
25	54.远程终端键盘数据
	55.远程终端显示数据
	56.远程终端显示器和显示控制器
	57.远程终端调制器
	58.要发射的远程终端数据

	59.要发射的远程终端调制数据
	60.远程终端发射机
	61.远程终端发射机输出
	62.远程终端发射机控制数据
5	63.远程终端接收机控制数据
	64.远程终端话筒
	65.远程终端话筒信号
	66.远程终端扬声器
	67.远程终端扬声器信号
10	68.远程终端中央处理单元
	69.远程终端转发器开关
	70.远程终端转发器开关控制
	71.广域网
	72.多基站控制器
15	73a.蜂窝边界
	73b.蜂窝边界
	73c.蜂窝边界
	74.高速消息链路
	75.远程终端

20

具体实施方式

图 1 描绘了基站 1 的优选实施例。基站控制器 3 作为基站 1 与经基站通信链路 2 的任何外部连接之间的接口，并用来协调基站 1 的整个操作。在优选实施例中，基站 3 由常规中央处理单元和相关的存储器和编程来实现。

25

输入或上行链路无线发送发射到由数量为 m 个接收天线元 19(a, .., m)组成的天线阵列，其输出的每一个连接到一排相位相干多信道接收机 15 中的 m 个多信道接收机之一。

30

所说明的实施例描述了常规的频分多址(FDMA)系统。每个多信道

接收机能够处理多个频率通道。符号 N_{cc} 将用于标记可由接收机处理的常规频率通道的最大数量。依据为无线通信系统的操作分配的频率和为特定通信链路选择的带宽, N_{cc} 可以小到 1(一个单一的频率通道)或大至数千。在一个替换实施例中, 多信道接收机 15 可以用来代替处理多时隙、多编码、或这些熟知的多址技术的某些组合。在一个替换实施例中, 信道可以由多个常规信道组成。

在每个信道中, 接收天线元 19(a, ..., m)各自测量来自共享该信道的远程终端的到达上行链路信号的组合。这些组合是由天线元的相对位置、远程终端的位置、接收机和发射机的频率特性、信号的频谱内容和 RF 传播环境生成的并且是由等式(5)给出的。

图 2 描绘了带有天线元连线、在该基站使用的每个频率通道一个共用本机接收机振荡器 35、和接收信号测量装置 6 的单个多信道接收机 16(a, ..., m)。共用本机接收机振荡器 35 确保来自接收天线元 19(a, ..., m)的信号相干地下转换到基带;设定其 N_{cc} 频率, 以便多信道接收机 16(a, ..., m)提取所有感兴趣的 N_{cc} 频率通道。由时空处理器 13(图 1)通过接收机控制数据 36 控制共用本机接收机振荡器 35 的频率。在一个替换实施例中, 多个频率通道全部包含在邻接的频带中, 共用本机振荡器用来下转换此后数字化的整个频带, 数字滤波器和抽取器利用熟知的技术提取所希望的信道子集。

所说明的实施例描述了 FDMA 系统。在 TDMA 或 CDMA 系统中, 应增加共用振荡器 35 以便通过接收机控制数据 36 从时空处理器 13 分别向多信道接收机 16(a, ..., m)转发共用时隙或共用编码信号。在这些实施例中, 多信道接收机 16(a, ..., m)除下转换到基带外还进行常规的时分信道或常规的码分信道的选择。

再来参考图 1, 多信道接收机 15 产生提供给时空处理器 13 和一组时空多路分解器 20 的接收信号测量值 6。在该实施例中, 接收信号测量

值 6 包含 N_{cc} 频率通道每一个的 m 个复数基带信号。

图 8 示出时空处理器 13 更详细的方框图。时空处理器 13 产生并保持每个远程终端对每个频率通道的时空特征标记，并为时空多路分解器 20 和时空多路复用器 23 的使用计算时空多路复用和多路分解加权。在该优选实施例中，利用包括一个常规中央处理单元的数字信号处理器 (DSP) 装置实现时空处理器 13。接收信号测量值 6 进入估算和更新时空特征标记的时空特征标记处理器 44。时空特征标记存储在远程终端数据库 42 中的时空特征标记表中并由信道选择器 41 和时空加权处理器 43 使用，时空加权处理器 43 还产生多路分解加权 7 和多路复用加权 12。时空处理器控制器 39 连接到时空加权处理器 43，并且还产生接收机控制数据 36，发射机控制数据 37，和时空控制数据 33。

再来参考图 8，时空多路分解器 20 根据时空多路分解加权 7 组合接收的信号测量值 6。图 3 示出单个信道的时空多路分解器 20。在图 3 中， x_{ri} 表示单个信道的接收测量矢量 6 的第 i 个元素， w_{rx}^* 表示使用该信道的远程终端的多路分解加权矩阵第 i 列的复数共轭转置。

$$\overline{W}_{rx} = [w_{rx}^1, w_{rx}^2, \dots, w_{rx}^m] = \begin{bmatrix} w_{rx}(1) \\ \vdots \\ w_{rx}(L_r) \end{bmatrix} \quad (24)$$

图 4 说明了对单个信道第 i 接收信号 x_{ri} 的处理。在该实施例中，使用一般用途的算术芯片执行时间滤波器 22(a, ..., m) 中的算术运算。在图 4 中， x_{ri} 表示单个信道的接收测量矢量 6 的第 i 个元素， $w_{rx}^*(j)$ 表示使用该信道的远程终端的时空多路分解加权矢量 7 的第 i 个矢量元素的第 j 个元素的复数共轭。

$$w_{rx} = \begin{bmatrix} w_{rx}^T(1) \\ \vdots \\ w_{rx}^T(L_r) \end{bmatrix} \quad w_{rx}(j) = [w_{rx}^1(j), \dots, w_{rx}^m(j)] \quad (25)$$

5

对于每个信道上的每个远程终端，第 i 个时间滤波器 22i 计算

$$w_{rx}^{i*}(1)x_{ri}(t) + w_{rx}^{i*}(2)x_{ri}(t - T) + \dots + w_{rx}^{i*}(L_r)x_{ri}(t - T(L_r - 1)) \quad (26)$$

10

由乘法器 26(a, b, ..., L) 执行乘法运算，由加法器 28 执行加法运算。对于每个信道上的每个远程终端，时空多路分解器 20 使用加法器 21 把时间滤波器 22(a, ..., m) 的输出相加，然后输出

$$w_{rx}^* z_r(t) \quad (27)$$

15

对于每个信道上的每个远程终端，由等式(27)给出的加法器 21 的输出包括分离的上行链路信号 5。

20

再来参考图 1，时空多路分解器 20 的输出是与基站通信的每个远程终端的分离上行链路信号 5。由信号解调器 25 解调分离的上行链路信号 5，为与基站通信的每个远程终端产生解调的接收信号 4。解调的接收信号 4 和对应的时空控制数据 33 可提供给基站控制器 3。

在一个替换实施例中，在一个非线性多维信号处理单元中一起进行多路分解和解调处理。

25

30

在执行由远程终端发送的信号的信道编码的实施例中，基站控制器 3 向时空处理器 13 发送解调的接收信号 4，时空处理器 13 使用熟知的解码技术估算比特误差率(BER)，并将其与远程终端数据库 42 中存储的可接受阈值比较。如果 BER 不可接受，时空处理器 13 重新分配资源以缓解该问题。在一个实施例中，除当前信道不能接受外，采用如增加一

个新用户的相同策略把带有不可接受 BER 的链路分配给新信道，除非该特定信道的当前用户组改变。另外，当该信道可使用时对该远程终端/基站对进行接收特征标记的重新校准。

5 对于发送，信号调制器 24 为该基站正在向其发射的每个远程终端产生调制信号 9，每个远程终端的一组时空多路复用加权 12 应用到时空多路复用器 23 中的调制信号的相应延时型式，以便为 m 个发射天线 18(a, ..., m) 中的每一个和 N_{cc} 信道中的每一个产生将要发射的多路复用信号 10。

10

在所说明的实施例中，下行链路信道的数量 N_{cc} 与上行链路信道的数量 N_{cc} 相同。在另一个实施例中，上行链路和下行链路信道的数量可以不同。此外，就象下行链路由宽带视频信道组成和上行链路采用窄带音频/数据信道的交互电视应用的情况一样，信道可以是不同类型和

15

另外，所说明的实施例示出相同数量的发射和接收天线元 m 。在其它实施例中，发射天线元的数量和接收天线元的数量可以不同，高至并包括发射仅采用一单向指向中的一个发射天线元的情况，例如在交互电视应用中。

20

图 5 示出在一个特定信道上的一个远程终端的时空多路复用器。用一般用途的算术芯片执行时空多路复用器 23 中的算术运算。用 $d(t)$ 表示为该信道上的该远程终端定义的调制信号 9 的元素，用 w_{tx} 表示多路复用加权矢量。多路复用加权矢量 w_{tx} 通过下式与多路复用加权矩阵 $\overline{W}_{tx}$ 相关。

25

$$w_{tx} = \begin{bmatrix} w_{tx}^T(1) \\ \vdots \\ w_{tx}^T(L_t) \end{bmatrix} \text{ is } (mL_t \times 1) \quad \overline{W}_{tx} = \begin{bmatrix} w_{tx}(1) \\ \vdots \\ w_{tx}(L_t) \end{bmatrix} \text{ is } (L_t \times m), \quad (28)$$

30

对于每个信道上的每个远程终端,时空多路复用器 23 计算其多路复用加权矩阵 12 与调制信号 $d(t)$ 9 的延迟型式的乘积:

$$s_t(t) = \overline{W}_{tx} d^{L_t}(t) = \begin{bmatrix} w_{tx}(1) \\ \vdots \\ w_{tx}(L_t) \end{bmatrix}^* \begin{bmatrix} d(t) \\ \vdots \\ d(t - (L_t - 1)T) \end{bmatrix} \quad (29)$$

时间滤波器 29(a, ..., m)计算多路复用加权矩阵的行与调制信号 $d(t)$ 9 的延迟型式的乘积。对于每个信道上的每个远程终端,第 i 个时间滤波器 29*i* 计算

$$w_{tx}^{i*}(1)d(t) + w_{tx}^{i*}(2)d(t - T) + \dots + w_{tx}^{i*}(L_t)d(t - T(L_t - 1)) \quad (30)$$

由乘法器 30(a, b, ..., L)执行乘法运算,由加法器 32 执行加法运算。对于每个信道,由在该信道上对其发射的每个远程终端的时空多路复用器 23 估算等式(29)。与每个远程终端对应的是不同的多路复用加权矢量,多路复用加权矩阵,和调制信号。对于每个信道,时空多路复用器 23 把正在该信道上对其发射的每个远程终端的多路复用信号相加,产生作为将要从每个天线为每个下行链路信道发射的信号的调制和多路复用信号 10, $s_t(t)$ 。

调制和多路复用信号 10 输入到一排 m 相位相干多信道发射机 14。图 7 描绘了带有天线连接,共用本机发射机振荡器 38,和数字输入 10 的多信道发射机 17(a, ..., m)。共用本机发射机振荡器 38 确保由发射天线 18(a, ..., m)在发送期间保持多路复用信号 10 的相对相位。由时空处理器 13(见图 1)通过发射机控制数据 37 控制共用本机发射机振荡器 38 的频率。

在一个替换实施例中,时空多路复用器 23 利用熟知的基带多路复用技术把将要发射的所有计算的信道信号多路复用为将要由每个多信

道发射机 17(a, ..., m)上转换和发射的单个带宽信号。按照需要以数字或模拟方式进行多路复用。

5 所说明的实施例示出一种带有多频率通道的系统。在时分多址或码分多址系统中, 增加共用振荡器 38, 以便通过发射机控制数据 37 从时空处理器 13 向多信道发射机 17(a, ..., m)分别转发共用时隙或共用编码信号。

10 再来参考图 1, 在需要发射时空特征标记的应用中, 时空处理器 13 还能为一个特定下行链路信道上的每个天线发射预定的校准信号。时空处理器 13 命令多信道发射机 17(a, ...,)通过发射机控制数据 37 发射预定校准信号 11 来代替一个特定下行链路信道的多路复用信号 10。这是用来确定该下行链路信道上远程终端的发射时空特征标记的一种机理。

15 在采用熟知的信道编码技术来对将要发射到远程终端的信号编码的替换实施例中, 远程终端采用熟知的解码技术估算此后在其上行链路信道上报告回基站的 BER。如果这些 BER 超过可接受的限定, 采取校正动作。在一个实施例中, 除不能接受当前信道外, 校正活动涉及采用
20 如增加新用户的相同策略重新分配资源, 除非该特定信道的当前用户组改变。另外, 当可使用该信道时进行该远程终端/基站对的发射特征标记的重新校准。

25 图 9 描绘了提供话音通信的远程终端中的部件安排。远程终端的天线 45 连接到双工器 46 以允许天线 45 用来进行发射和接收。在一个替换实施例中, 使用分开的接收和发射天线而不需要双工器 46。在另一个替换实施例中, 在相同频率通道上但在不同时间进行接收和发射, 已熟知的是用发射/接收(TR)开关代替双工器。双工器的输出 47 作为到接收机 48 的输入。接收机 48 产生下转换信号 49 输入到解调器 51。解调的
30 接收话音信号 67 输入到扬声器 66。

解调的接收控制数据 52 提供给远程终端的中央处理单元 68(CPU)。解调的接收控制数据 52 用于在呼叫建立和终止期间从基站 1 接收数据，而在一个替换实施例中，用于确定远程终端接收的信号的质量(BER)，并如上所述发回到基站。

远程终端 CPU68 由标准的 DSP 装置实现。远程终端 CPU68 还产生用于选择远程终端的接收信道的接收机控制数据 63，用于设定远程终端的发射信道和功率电平的发射机控制数据 62，将要发射的控制数据 58，和用于远程终端显示器 56 的显示数据 55。远程终端 CPU68 还从远程终端键盘 53 接收键盘数据 54。

把将从话筒 64 发射的远程终端话音信号 65 输入到调制器 57。由远程终端 CPU68 提供将要发射的控制数据 58。将要发射的控制数据 58 用于在呼叫建立和终止期间向基站 1 发射数据，以及在例如测量呼叫质量(例如比特误差率(BER))的呼叫期间发射信息。由发射机 60 上变换和放大由调制器 57 输出的将要发射的调制数据 59，产生发射输出信号 61。然后通过天线 45 把要发射的发射机输出 61 输入到双工器 46。

在一个替换实施例中，远程终端提供数字数据通信。用本领域中熟知的允许向和从外部数据处理装置(例如计算机)发射数据的数字接口替换解调的接收话音信号 67，扬声器 66，话筒 64，和将要发射的话音信号 65。

再来参考图 9，远程终端允许接收数据 49 借助由远程终端 CPU68 控制的开关 69 通过开关控制信号 70 发射回到基站 1。在正常操作中，开关 69 用调制器 57 的调制信号 59 驱动发射机 60。当基站 1 命令远程终端进入校准模式时，远程终端 CPU68 向调制器 57 发送预定的校准信号 58，代替远程终端话筒信号 65。这是用来确定在该上行链路信道上的远程终端的接收时空特征标记的机理。在转发器模式中，远程终端

CPU68 触发开关控制信号 70，远程终端 CPU68 用接收的数据 49 命令开关 69 驱动发射机 60。

图 10 示出远程终端转发器功能的一个替换实施例。不再使用图 9 的开关 69。而是代之以通过数据连线 50 把接收机 48 的输出提供给远程终端 CPU68。在正常工作中，远程终端 CPU68 中忽略数据连线 50。在校准模式中，远程终端 CPU68 使用数据连线 50 计算远程终端的发射时空特征标记，再通过调制器 57 和发射机 60 发射回到基站 1，作为要发射的控制数据 58。

10

在一个替换实施例中，不需要远程终端中的时空校准程序。在许多常规无线协议标准中，远程终端有规律地向基站报告接收的信号强度或接收信号质量。在该实施例中，接收的信号强度报告足够计算远程终端的发射时空特征标记，如下所述。

15

一般原理--基站

在许多方面，图 1 中所示的频谱高效率基站性能很象标准无线通信系统的基站。主要区别在于：与使用相同时间/频率资源的常规基站相比，频谱高效率基站支持更多同时的通话。通信信道可以是频率信道、时间信道、编码信道，或这些信道的任何组合。时空多路复用器/多路分解器通过在这些信道中的每一个上允许多个同时通信的链路来增加系统容量。此外，通过组合来自多个接收天线的信号，时空多路分解器 20 产生在空间和时间同时均衡的分离上行链路信号 5。分离的上行链路信号 5 将作为具有基本上改善了信噪比，减少了干扰，和与标准基站相比改善了多径环境中的质量的结果。

25

在所说明的实施例中，描述了由多个远程终端和结合天线阵列和时空信号处理的基站构成的无线通信系统。该系统具有例如提供无线接入本地 PSTN 的应用。由一个远程终端或由通信链路 2 通过基站控制器 3 初始信息传送(或呼叫)。如本领域中所熟知的，在下行链路和上行链路

30

控制信道上进行呼叫初始化。在本实施例中，使用发射天线 18(a, ..., m)发射下行链路控制信道。在替换实施例中，从单一的全向天线广播下行链路控制信道。基站控制器 3 向使用存储的该远程终端的时空特征标记的时空处理器 13 传送呼叫中涉及的远程终端的标识，以确定该远程终端应使用哪个通信信道。所选择的信道可以已被几个远程终端占用，然而，时空处理器 13 使用该信道上所有远程终端的时空特征标记，以确定它们可共享该信道而没有干扰。

时空处理器 13 使用为所选择的信道和上述远程终端计算的时空多路复用和多路分解加权，以构成时空多路复用器 23 和时空多路分解器 20。然后，时空处理器 13 通知所选择信道的控制器 3。如同在常规基站中，然后控制器 3 命令远程终端(经下行链路控制信道)切换到选择的信道继续通信。在远程终端具有功率控制能力的情况下，正如本领域中熟知的，控制器 3 还命令远程终端根据例如共享同一信道的其它远程终端的功率电平和如下所述所需要的每个链路的信号质量之类的参数将其功率调节到适当的电平。通信结束时，远程终端返回其监测下行链路控制信道等待其下一次呼叫的空闲状态。

时空处理--基站

图 8 示出时空处理器 13 的方框图。时空处理器控制器 39 控制时空处理器 13，时空处理器控制器 39 经链路 33 连接基站控制器 3。时空处理器控制器 39 通过控制线 37 和 36 控制多信道发射机 14 和多信道接收机 15 的增益和频率设定。

时空处理器 13 保持一个列出哪个远程终端当前正在使用每个通信信道以及其当前发射功率电平的活动远程终端表 40。还存储诸如当前使用的调制格式、当前频率通道中接收机的噪声电平、和当前信号质量要求之类的远程终端的其它参数。时空处理器 13 还在远程终端数据库 42 中保持一个时空特征标记表，在一个替换实施例中，该远程终端数据库 42 包括远程终端的功率控制电平，允许的发射和接收频率通道，和熟悉

的调制格式表。

5 远程终端数据库 42 中的时空特征标记表包含用于每个远程终端工作的每个信道的发射时空特征标记 H_t ，和接收时空特征标记 H_r 。在另一个实施例中，例如通过存储最大奇异值和特征标记的对应奇异向量，来存储与发射和接收时空特征标记跨越相同列空间的一组基本向量。在另一个实施例中，例如通过存储发射和接收信道响应矩阵，来存储可
10 从其形成特征标记的参数。在另一个实施例中，还存储时空特征标记质量的估算值(例如估算误差协方差)。在再一个实施例中，还存储描述因时空特征标记的时间变化造成的不定性的参数。发射时空特征标记包括基站与远程终端之间传播环境的影响、以及发射机 14、天线电缆、和发射天线 18(a, ..., m)的频率特性中的任何差异。

15 当基站控制器 1 经链路 33 转发一个特定远程终端的呼叫初始化请求时，信道选择器 41 搜索活动的远程终端表 40 以找到可容纳该远程终端的通信信道。在优选实施例中，有一个形成每个信道的多路复用时空矩阵和多路复解时空矩阵的，由信道选择器 41 使用的接收活动远程终端表和发射活动远程终端表。对于每个信道，通过把存储的当前活动在(使用)该信道上的每个远程终端的接收和发射时空特征标记加上包含请求通信信道的远程终端的适当时空特征标记的附加部分来形成多路分解和多路复用时空特征标记矩阵，见等式(10-23)。

25 信道选择器 41 计算这些特征标记矩阵的函数，以评价是否可在所选择的信道上成功地执行基站和新远程终端之间的通信。在优选实施例中，信道选择器 41 首先计算该远程终端的时空多路复用和多路分解加权，然后利用这些加权估算链路性能。

在所说明的实施例中，时空多路复用加权矢量是矩阵 W_{tx} 的列，在等式(31)中给出 W_{tx} 的第 k 列：

30

$$\{\mathbf{W}_{tx}\}_k = s_k^i \left\{ \mathcal{H}_t (\mathcal{H}_t^* \mathcal{H}_t)^{-1} \right\}_{mL_t(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_t, \quad (31)$$

其中 $(\cdot)^{-1}$ 是矩阵的逆矩阵, $\{\cdot\}_k$ 是矩阵的第 k 列, $\mathcal{H}_t$ 是与相关信道有关的多路复用时空特征标记矩阵, s_k^i 是要发射的第 k 个信号的幅度。如果得到的多路复用矩阵不稳定, 用本领域所熟知的技术形成多路复用矩阵的稳定近似值。在优选实施例中利用远程终端接收机的均方噪声电压(N_k)和最低期望信号质量(SNR_k^{des})计算要发射的幅度 s_k^i , 如等式(32)中给出的:

$$s_k^i = (SNR_k^{\text{des}} \times N_k)^{1/2}. \quad (32)$$

现在信道选择器 41 从每个元素计算将要发射的平均均方电压(功率) $\bar{P}_t$, 作为加权的适当元素的平方和

$$\bar{P}_t = \text{diag} \left([\bar{\mathbf{W}}_{tx}^{1*} \dots \bar{\mathbf{W}}_{tx}^{n_t*}] \begin{bmatrix} \bar{\mathbf{W}}_{tx}^1 \\ \vdots \\ \bar{\mathbf{W}}_{tx}^{n_t} \end{bmatrix} \right), \quad (33)$$

其中 $\bar{\mathbf{W}}_{tx}^k$ 是如等式(21)中定义的第 k 个用户的加权矩阵, $\text{diag}(\cdot)$ 是通过迭层矩阵的对角元素获得的矢量。计算要从每个元素发射的峰值平方电压(功率) P_t^{peak} 作为适当加权的幅值和的平方

$$P_t^{\text{peak}} = \text{diag} \left(\text{abs}([\bar{\mathbf{W}}_{tx}^{1*} \dots \bar{\mathbf{W}}_{tx}^{n_t*}]) \text{abs} \left(\begin{bmatrix} \bar{\mathbf{W}}_{tx}^1 \\ \vdots \\ \bar{\mathbf{W}}_{tx}^{n_t} \end{bmatrix} \right) \right), \quad (34)$$

其中 $\text{abs}(\cdot)$ 是关于元素的(element-wise)绝对值。信道选择器 41 把这些值与每个发射机每个元素的极限比较。如果平均或峰值中的任何一个超过可接受的极限, 上述远程终端不分配给候选信道。否则, 检验从远程终端成功接收的能力。

在一个替换实施例中, 发射机极限作为计算满足给出的技术要求并且导致可能的发射功率最小量的发射加权的优化算法中的不等式约束。如果不能找到满足这些约束的发射加权, 不把上述远程终端分配给

候选信道。该优化算法是众所周知的。

5 在一个采用时分双工(TDD)的替换实施例中,由于假设信道和干扰互逆,选择多路复用加权为多路分解加权的定标型式。选择定标参数以便在远程终端提供充足的 SINR。

为测试上行链路,信道选择器 41 利用与相关信道有关的多路分解时空特征标记矩阵 $\mathcal{H}_r$ 计算时空多路分解加权 W_{rx} 。在所说明的实施例中,时空多路分解加权矢量是等式(35)中给出的矩阵 W_{rx} 的列:

$$10 \quad W_{rx} = (\mathcal{H}_r P_r \mathcal{H}_r^* + R_{nn})^{-1} \mathcal{H}_r \bar{P}_r, \quad (35)$$

其中由等式(36)给出 $\bar{P}_r$ 的第 k 列

$$15 \quad \{\bar{P}_r\}_k = \{P_r\}_{L_r(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_r, \quad (36)$$

其中 P_r 是由远程终端发射的信号 s_r^{k,L_r} 的均方幅度(功率)的(对角)矩阵

$$20 \quad P_r = E \left\{ \begin{bmatrix} s_r^{1,L_r}(t) \\ \vdots \\ s_r^{n_r,L_r}(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_r^{1,L_r*}(t) & \dots & s_r^{n_r,L_r*}(t) \end{bmatrix} \right\} \quad (37)$$

$R_{nn} = E\{e_r(t)e_r^*(t)\}$ 是基站噪声协方差。然后,在一个实施例中计算归一化的均方误差协方差的期望值如下:

$$25 \quad \overline{MSE} = \bar{P}_r^{-1/2} ((I - W_{rx}^* \mathcal{H}_r) P_r (I - W_{rx}^* \mathcal{H}_r)^* + W_{rx}^* R_{nn} W_{rx}) \bar{P}_r^{-1/2} \quad (38)$$

其中符号 $(\cdot)^{-*/2}$ 表示矩阵平方根的复数共轭转置。MSE 的求逆是在时空多路分解器输出的期望的信号干扰加噪声比(SINR)的估算值:

$$30 \quad \overline{SINR} = \overline{MSE}^{-1} \quad (39)$$

如果 $\overline{\text{SINR}}$ 的所有对角元素都高于基于从每个远程终端接收的所要求信号质量的期望阈值，则允许该远程终端接入信道。如果候选远程终端低于其阈值并具有增加其输出功率的能力，则再次进行相同的计算，以增加远程终端的功率输出，直到达到远程终端的最大输出功率并且 $\overline{\text{SINR}}$ 仍然不适合，如果可能，在增加其功率的情况下另一个远程终端的 $\overline{\text{SINR}}$ 低于其阈值，或超过所有阈值。如果可找到可接受的远程终端发射功率，允许该远程终端接入该特定信道，否则拒绝接入并检验另一个信道。

10 在一个替换实施例中，使用众所周知的优化程序进行多路分解加权的计算，以远程终端发射功率最小为目的使在基站的估算信号满足或超过其最小的期望 SINR。

15 另外，在一个替换实施例中，在未发现可容纳远程终端的信道的情况下，信道选择器 41 计算信道中现有的远程终端的某些重新安排是否允许在某些信道上支持远程终端。这种情况下，如果现有用户的重新安排不允许容纳该远程终端，仅在当时拒绝远程终端通信。

20 在采用频分双工(FDD)的一个替换实施例中，不限制向远程终端分配用于发射和接收的固定信道对。采用足够灵活的系统构造，信道选择器 41 可选择特定远程终端分配到由不同频率双工偏移分离的发射和接收信道，以使整个系统干扰电平最小。

25 由于向该信道加入新远程终端可使它们明显改变，必须重新计算已使用一个信道的远程终端的时空多路复用和多路分解加权。在优选实施例中，已进行所需计算的信道选择器 41 向时空加权处理器 43 发送新时空多路复用和多路分解加权，用于建立时空多路复用器 23 和多路分解器 20。在一个替换实施例中，时空加权处理器 43 使用由信道选择器 41 向其发送的时空特征标记矩阵，以便针对该信道上的所有远程终端计算
30 不同的时空多路复用和多路分解加权组。

然后,时空加权处理器 43 向时空多路分解器 20 发送该信道的新时空多路分解加权,并向时空多路复用器 23 发送该信道的新时空多路复用加权,更新活动的远程终端表 40,并通知时空处理器控制器 39,时空处理器控制器 39 又通知所选择的信道的基站控制器 3。然后,基站控制器 3 使用命令远程终端切换到期望信道的下行链路控制信道向远程终端发射消息。

从等式(31)可以示出多路复用加权 W_{tx} 具有特性:

$$W_{tx}^* \mathcal{H}_t = \text{diag}(s_{1,t}^t, \dots, s_{n,t}^t), \quad (40)$$

其中 $\text{diag}(\cdot)$ 是带有由矢量形成的对角元素的对角矩阵。这表明在第 k 个远程终端,以足够的(正实数)幅度 $s_{k,t}^t$ 接收将要发送到该终端的信号。 $W_{tx}^* \mathcal{H}_t$ 具有零非对角线元素的情况是指在第 k 个远程终端,该远程终端未接收到发射的其它信号。这样,每个远程终端仅接收以所需的功率电平供其使用的信号,以确保正确的通信。在替换实施例中, $\mathcal{H}_t$ 估算值中的不确定性加入到设定基站发射功率电平和计算加权中,以使误差的影响和/或 $\mathcal{H}_t$ 中的变化最小。

同样,在该基站,等式(35)中给出的特定多路分解加权具有以接收的时空特征标记和从远程终端发射的电压(功率)的资料为条件的特性,由下式给出的估算信号 $\hat{s}$

$$\hat{S} = W_{rx}^* z_r, \quad (41)$$

在最小均方误差的意义上是最精确的。特别是,它们最接近地匹配由远程终端发射的信号,给出在基站由多个天线元素计算的测量值。

等式(31)和(35)仅表示计算时空多路复用和多路分解加权的一种方式。存在其它类似策略证明与等式(40)所示的和前面段落中描述的那些类似的特性。用于计算加权 W_{tx} 和 W_{rx} 的其它众所周知的技术说明了

多路复用和多路分解时空特征标记矩阵 $\mathbf{H}_t$ 和 $\mathbf{H}_r$ 中的不确定性，并可引入更复杂的功率和动态范围约束。

确定时空特征标记

5 如图 8 所示，时空处理器 13 还包含一个时空特征标记处理器 44，用于找出远程终端的时空特征标记。在所说明的实施例中，时空特征标记处理器 44 使用与我们题为“校准天线阵列的方法和装置”的美国专利 5,546,090(1996 年 8 月 13 日公布)中描述的技术类似的校准技术。

10 在所说明的实施例中，每个远程终端能够进入校准模式。在校准模式中，远程终端可发射预定信号，并且还可进入把接收的信号 49 发回到基站 1 的转发器模式。校准模式由远程终端 CPU68 控制。参见图 9，转发器模式是由远程终端 CPU68 通过开关控制信号 70 控制的开关 69 提供的。

15 为确定远程终端的发射和接收时空特征标记，时空特征标记处理器 44 通过在下行链路信道上向其发射命令来命令远程终端进入校准模式。该命令是由基站控制器 3 根据来自时空处理器控制器 39 的，并由信号调制器 24 调制的请求产生的。在一个替换实施例中，以预定阶段
20 有规律地进入校准模式。

25 然后，远程终端在该信道上发射预定的终端校准信号。在本实施例中，终端校准信号是限制在当前信道频带范围内的已知伪随机噪声序列。在另一个实施例中，预定的终端校准信号是任何已知信号。在根据
30 等式(5)和在没有噪声的和参数偏移情况下，由下式给出的 $m \times N_r$ 数据矩阵 $\mathbf{X}$ 中存储接收数据的时间抽样

$$\mathbf{X} = \mathbf{h}_r \mathbf{S}_r \quad (42)$$

其中 $\mathbf{S}_r$ 是预定终端校准信号的 $M_r \times N_r$ 矩阵。接收信道响应矩阵则由下式给出

$$\mathbf{h}_r = \mathbf{X} \mathbf{S}_r^\dagger \quad (43)$$

其中 $S_r^\dagger$ 是矩阵 S_r 的熟知的 Moore-Penrose 伪逆矩阵, 对于列多于行的全等级矩阵 S_r , 满足 $S_r S_r^\dagger = I$ (同一矩阵), 对于行多于列的全等级矩阵 S_r , 满足 $S_r^\dagger S_r = I$ 。现在可从信道矩阵 h_r 构成接收时空特征标记 H_r 。

5

在替换实施例中, 通过把时空接收矢量的时间抽样存储在一个根据等式(8)并且在没有噪声和参数偏移的情况下由下式给出的 $mL_r \times N_r$ 数据矩阵 Z 中直接确定接收的时空特征标记 H_r

$$Z = H_r S_r \quad (44)$$

10

其中在这种情况下, S_r 是预定终端校准信号的 $M_r + L_r - 1 \times N_r$ 矩阵。接收时空特征标记则由下式给出

$$H_r = Z S_r^\dagger \quad (45)$$

在其它终端正在使用同一信道时可以确定接收时空特征标记。

15

在替换实施例中, 从等式(46)直接确定时空多路分解加权矢量:

$$w_{rx}^* Z = S_r \quad (46)$$

其中在这种情况下, S_r 是包含预定终端校准信号的 $1 \times N_r$ 矢量。时空多路复用加权矢量则由下式给出

$$w_{rx} = Z^\dagger S_r^* \quad (47)$$

20

在其它终端正在使用同一信道时可以确定接收时空多路分解加权矢量。

25

在替换实施例中, 终端校准信号不全是已知的, 而是具有预定调制格式的参数的。本领域中已知的几种技术利用预定调制格式的参数的, 例如一个常数模信号来确定接收信道矩阵。一旦确定了接收信道矩阵, 如上所述形成接收时空特征标记。如何使用终端校准信号的预定调制格式参数确定接收时空特征标记或多路分解加权矢量对本领域中的技术人员也是清楚的。

30

在与题为"校准天线阵列的方法和装置"的美国专利 5,546,090(1996

年 8 月 13 日公布)中描述的那些有关的替换实施例中,采用众所周知的技术解释系统中出现的噪声和诸如振荡器频率偏移之类的参数变化。

一旦知道了 H_t , 计算多路分解加权, 远程终端进入转发器模式。
 5 然后, 时空特征标记处理器 44 通过借助发射机控制数据 37 指示多信道发射机 17(a, ..., m)和时空处理控制器 39 来在远程终端占用的信道上发射预定的基站校准信号 11。在本实施例中, 预定基站校准信号 11 中的 m 个信号(对应每个天线)与限定在当前信道频带范围内的已知伪随机噪声序列不同。在另一个实施例中, 预定基站校准信号 11 是任何已知的、不同的信号。
 10

图 9 所示的远程终端发回在远程终端接收的信号。由图 1 所示的基站 1 中的多信道接收机 15 接收转发的信号并提供给图 8 所示的时空特征标记处理器 44。由多路分解加权处理接收数据的时间抽样, 并把所得信号存储在根据等式(14)和在没有噪声以及参数偏移的情况下由下式给出的 $1 \times N_t$ 数据矩阵 Z_t 中
 15

$$Z_t = k [h_t^T(1) \cdots h_t^T(L_t)] S_t \quad (48)$$

其中 S_t 是预定基站校准信号的 $mL_t \times N_t$ 矩阵, k 是已知量, 信号在发回到基站前在远程终端中放大该已知量。
 20

发射信道响应由下式给出

$$[h_t^T(1) \cdots h_t^T(L_t)] = k^{-1} Z_t S_t^\dagger \quad (49)$$

25 现在可从发射信道响应形成发射时空特征标记 H_t 。

在一个替换实施例中, 不能完全了解基站校准信号, 但具有预定调制格式的参数。本领域中的几种已知技术利用预定调制格式参数确定发射信道矩阵。

同样在题为"校准天线阵列的方法和装置"的美国专利 5,546,090(1996年8月13日公布)中描述的替换实施例中,采用熟知的技术解释系统中出现的噪声和诸如振荡器频率偏移之类的参数变化。

5 在一个替换实施例中,校准模式仅包括上述转发器模式。然后通过下列文献中描述的几种技术之一确定接收信道矩阵,例子见 E.Moulines, P.Duhamel, J.-F.Cardoso, 和 S.Mayrargue 在 1995 年 2 月的 IEEE Transaction on Signal Processing, 43(2):516-525 发表的"多信道 FIR 滤波器的盲目标识的子空间方法"一文。

10

时空特征标记处理器 44 在远程终端数据库 42 中存储新的时空特征标记。完成时,时空特征标记处理器 44 通过在下行链路信道向远程终端发射一个命令来命令该远程终端退出校准模式。

15 在一个替换实施例中,可由远程终端直接进行远程终端发射时空特征标记的计算。图 10 中示出远程终端的该实施例。在校准模式中,象以前一样,时空特征标记处理器 44 在将要由远程终端校准的信道上发射预定校准信号 11。远程终端 CPU68 利用前面实施例中时空特征标记处理器 44 采用的相同技术使用接收的校准信号 50 和已知的发射波形计算远程终端的发射时空特征标记。计算出的发射时空特征标记作为将要发射的控制数据 58 通过调制器 57 和发射机 60 发回到基站 1。基站 1 接收到该时空特征标记时,时空特征标记处理器 44 在远程终端数据库 42 中存储新的发射时空特征标记。由于每个远程终端单独地进行发射时空特征标记的计算,该安排允许多个远程终端在相同信道上同时计算其自身的发射时空特征标记。在该实施例中,由时空特征标记处理器 44 以与前面实施例相同的方式计算远程终端接收时空特征标记。

25

采用这些技术,时空特征标记处理器 44 可针对特定信道在该信道空闲的任何时间发射和接收时空特征标记。这些校准技术的效率允许时空特征标记处理器 44 在仅短时间占用该信道时为特定信道更新大量远

30

程终端的时空特征标记。

5 在一个替换实施例中，以判决反馈模式获得接收时空特征标记。解调接收的数据并重新调制以产生原始调制信号的估算值。这些技术允许即使多个远程终端正在占用一个单一的信道时也能够估算接收时空特征标记。

10 在另一个实施例中，可以设计系统以"闭环"方式连续更新远程终端的时空特征标记。这样做是说明因例如远程终端的运动或 RF 传播条件的改变造成的时空特征标记的时间变化。为此，基站和远程终端二者定期发射预定训练序列。向当前在特定信道上活动的每个远程终端分配不同的预定训练序列，并对当前在该特定信道上活动的所有其它远程终端给予该训练序列。在一个实施例中，在任何两个训练序列波形的内积是零的意义中，不同的训练序列正交。每当发射训练序列时，每个远程终端使用熟知的技术计算它已接收了多少，并且把该信息发射到基站。

20 在所说明的实施例中，基站使用接收机输出和了解的发射波形计算远程终端接收时空特征标记。在另一个实施例中，基站计算时空多路分解器的每个输出上已经历了多少，表示为复耦合系数。了解这些耦合系数允许校正当前活动的接收和发射时空特征标记，以便采用熟知的技术降低相互干扰。

25 最后，在采用时分双工(TDD)的全双工通信的系统中，正如本领域中所熟知的，发射和接收频率相同。这种情况下，采用熟知的互易原理，使发射和接收时空特征标记直接相关。因此，该实施例仅确定特征标记之一，例如接收时空特征标记，另一个特征标记，这种情况下是发射时空特征标记，是从第一(接收)时空特征标记和已知的相对相位以及多信道接收机 15 和多信道发射机 14 的幅度特性计算得出的。

30

网络电平时空处理

在此说明的实施例中，蜂窝型无线通信系统中每个基站的时空处理器独立工作，以使直接蜂窝中通信信道的数量最大。然而，如果来自每个基站的时空处理器与来自其它相邻蜂窝的时空处理器通信并与该时空处理器协调其效果，可实现系统容量的明显改善。图 11 示出了一个具体的实施例。

多基站控制器 72 作为通过链路 74 的广域网 71 和经基站通信链路 2(a, b, c)的基站 1(a, b, c)之间的接口。每个基站负责提供对许多远程终端的覆盖。在一个实施例中。每个远程终端仅分配到一个基站，因而定义了附属于一个特定基站的所有远程终端都位于其中的蜂窝边界 73(a,b,c)。装配有远程终端 75 的用户由图中的方框"R"识别。

基站 1(a, b, c)中包含的每个时空处理器测量和存储其蜂窝中的远程终端以及还有相邻蜂窝中的远程终端的时空特征标记。由多基站控制器 72 通过基站通信链路 2(a, b, c)协调相邻蜂窝中远程终端时空特征标记的确定。通过基站通信链路 2(a, b, c)和多基站控制器 72，来自相邻蜂窝的基站 1(a, b, c)中的时空处理器相互通知哪个远程终端正在哪个信道上通信。每个时空处理器包括当前在相邻蜂窝中活动的远程终端的时空特征标记，以便形成发送到所有相邻基站的扩充多路复用和多路分解时空特征标记矩阵 $\mathcal{H}_t$ 和 $\mathcal{H}_r$ 。每个基站中的信道选择器使用这些扩充的时空特征标记矩阵共同向每个基站 1(a, b, c)中的每个信道分配远程终端。

利用扩充的多路复用和多路分解的特征标记矩阵 $\mathcal{H}_t$ 和 $\mathcal{H}_r$ 计算对每个基站得到的多路复用和多路分解加权 W_{tx} 和 W_{rx} 。在计算加权中，其目的是使向相邻蜂窝的活动远程终端发射和从相邻蜂窝的活动远程终端接收的信号最少，从而允许更多的远程终端同时通信。

在一个替换实施例中，多基站控制器 72 使用活动远程终端/基站/

信道链路表，有关的远程终端数据库，和对将要分配的链路的特定请求动态地分配请求接入基站的远程终端。另外，远程终端可采用多(定向)发射和接收天线，以便按照多基站控制器 72 的指令定向链接到多个附近的基站，从而进一步增加系统容量。

5

优点

根据本发明的装置和方法与现有技术相比提供的显著优点在于:通过同时的时空多路复用/多路分解允许许多远程终端同时共享相同的通信信道。此外，与标准基站相比，从远程终端接收和向远程终端发射的信号充分改善的信噪比，减少了干扰，并改善了多径环境中的质量。

10

因此，无线通信系统通过相同的频谱量可支持更多倍的通话，或具有更大的数据通过量。作为替换，无线通信系统可通过很少的频谱支持相同的通话量或数据通过量。

15

替换实施例

在一个替换实施例中，用 m 个天线的单个阵列代替基站 1 的发射天线 18(a, ..., m)和接收天线 19(a, ..., m)。该阵列中的每个元素借助双工器连到多信道发射机 14 的其相应部件和多信道接收机 15 的其相应部件。

20

在另一个替换实施例中，可以利用待审专利申请 07/806, 695 中描述的时空处理实时地处理上行链路控制信道中的信号。这样允许多远程终端同时请求一个通信信道。

25

在涉及短脉冲串或数据分组的数据传送应用的另一个实施例中，不需要分开的上行链路控制信道，系统可以在由通信间隔点缀的控制时间间隔期间服务通信请求和其它控制功能。

30

虽然上面的说明包含许多特征，不应将这些特征解释为对本发明范

围的限定，而仅作为本发明一个优选实施例的举例。可以进行许多其它改进。因此，本发明的范围不应由所说明的实施例确定，而应由所附权利要求和其合法的等同物限定。

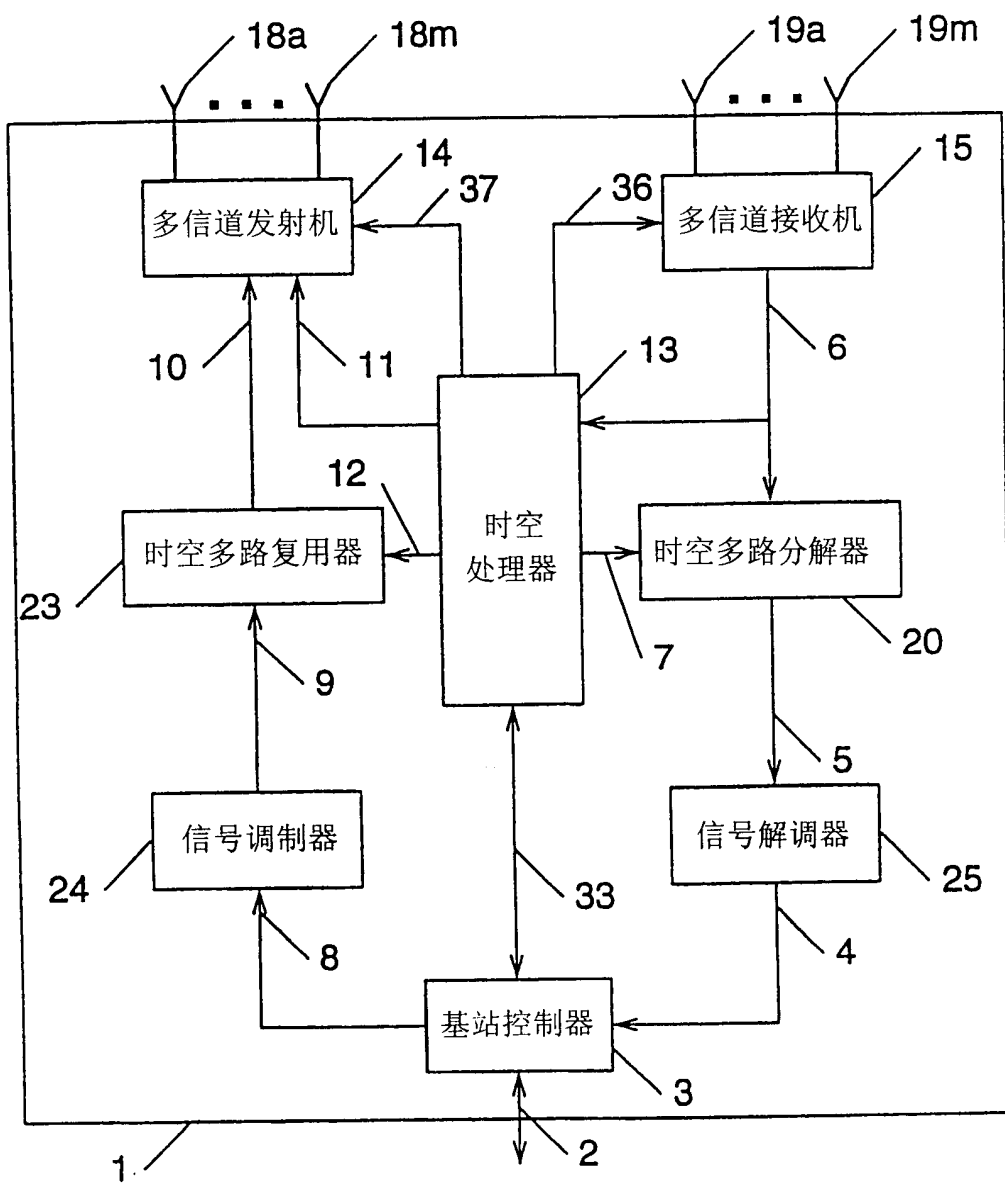


图1

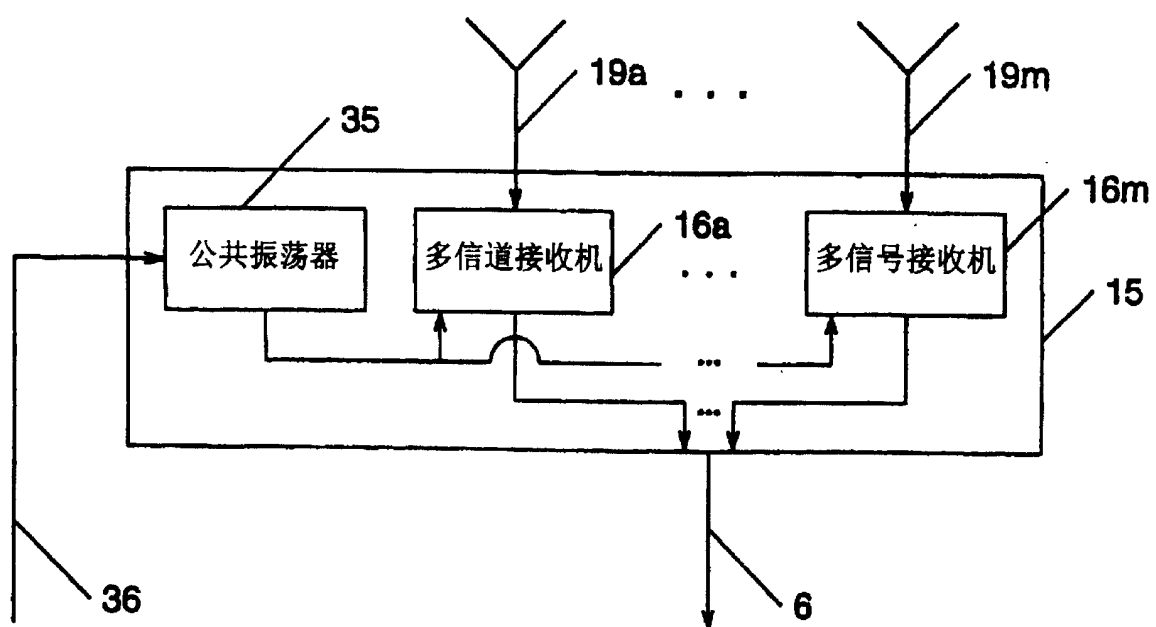


图2

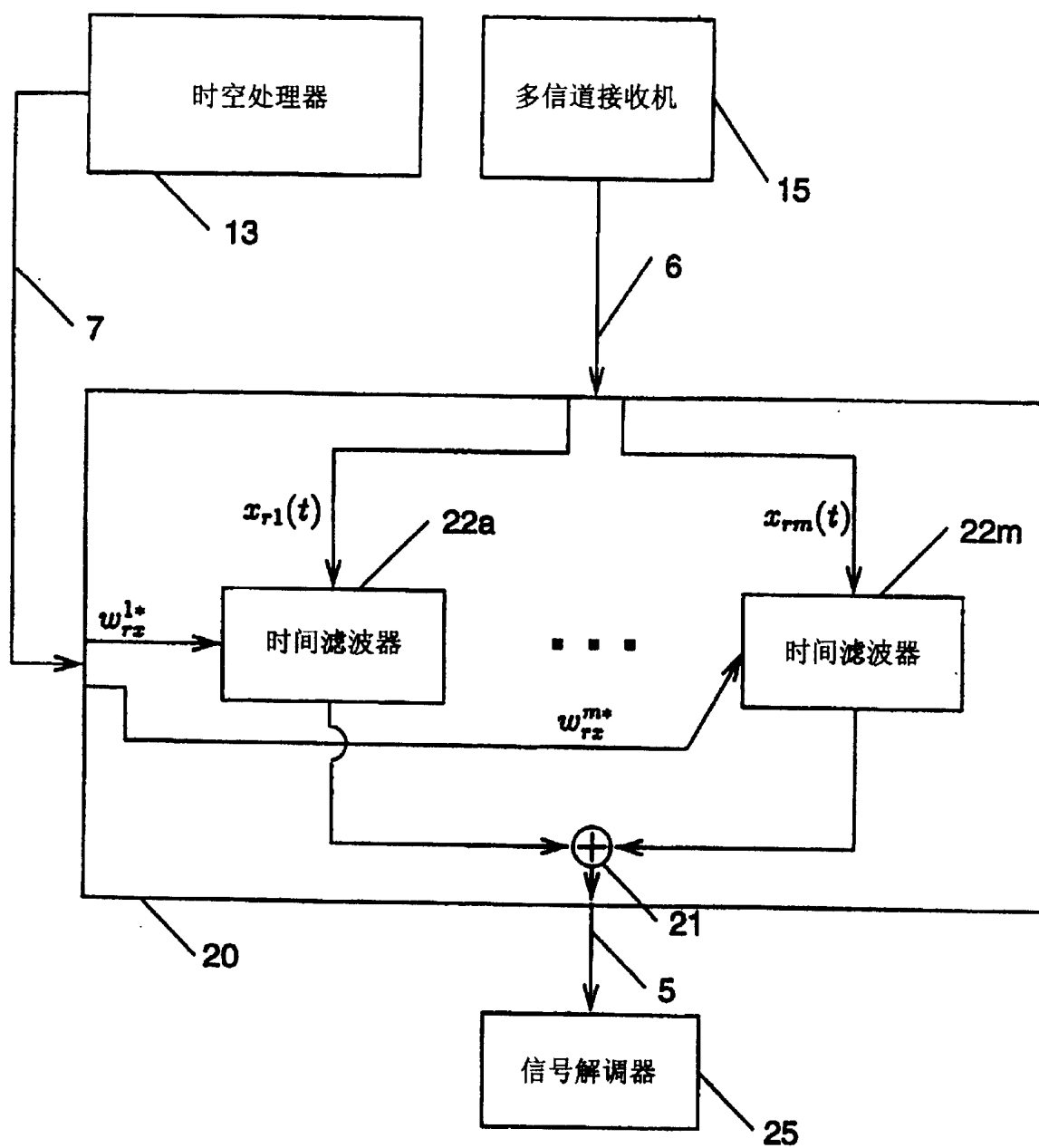


图3

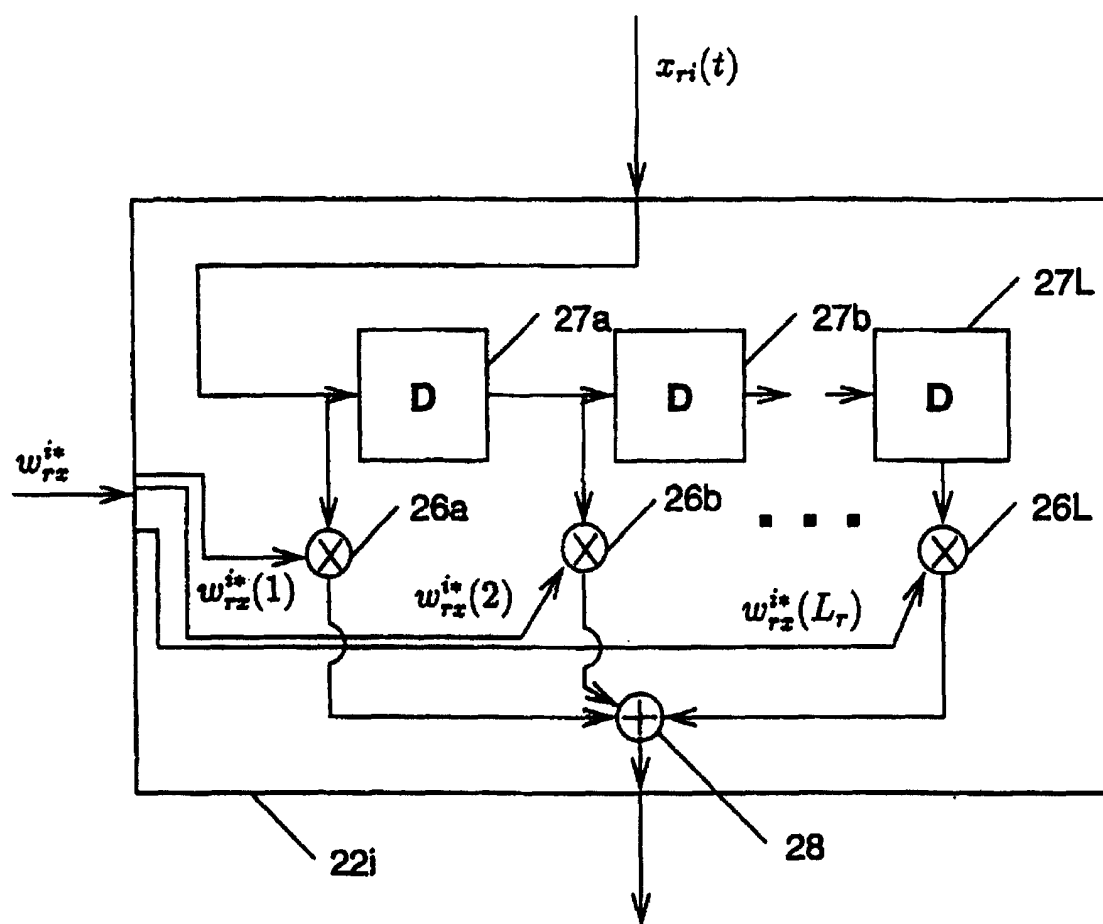


图4

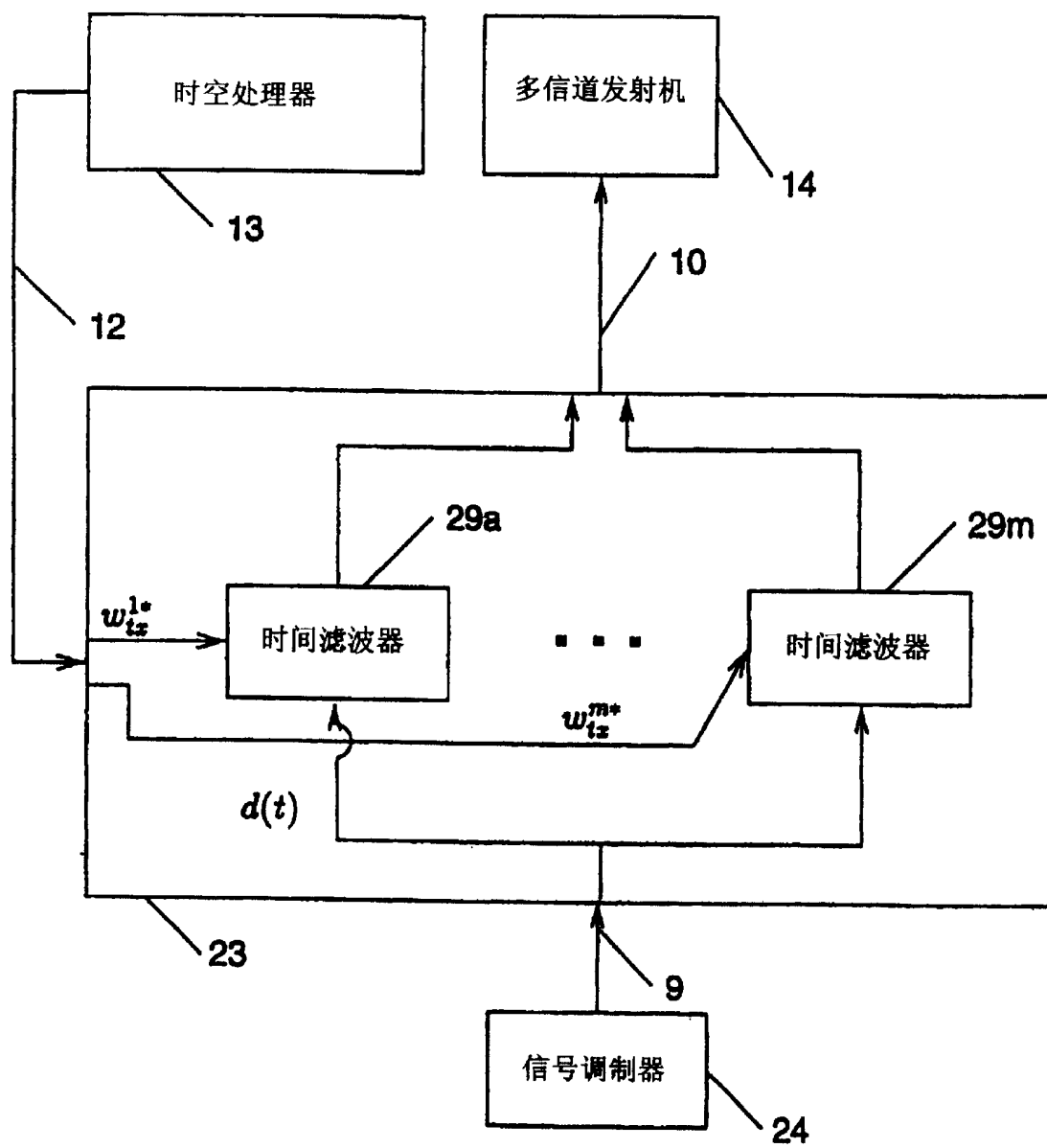


图5

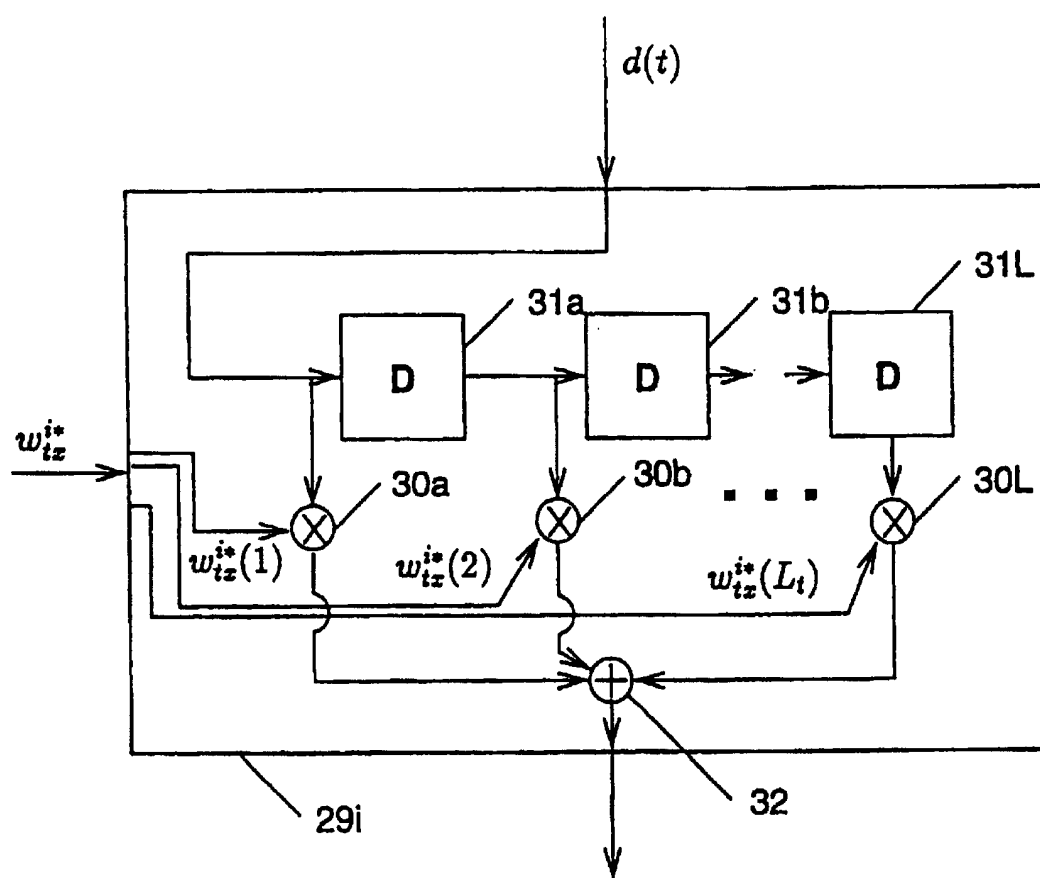


图6

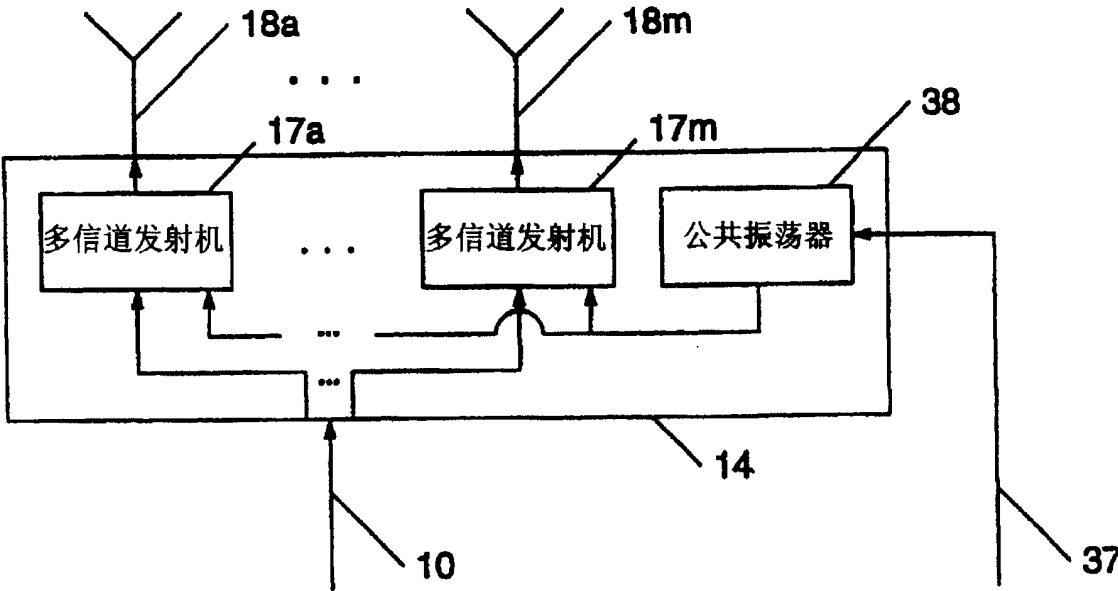


图7

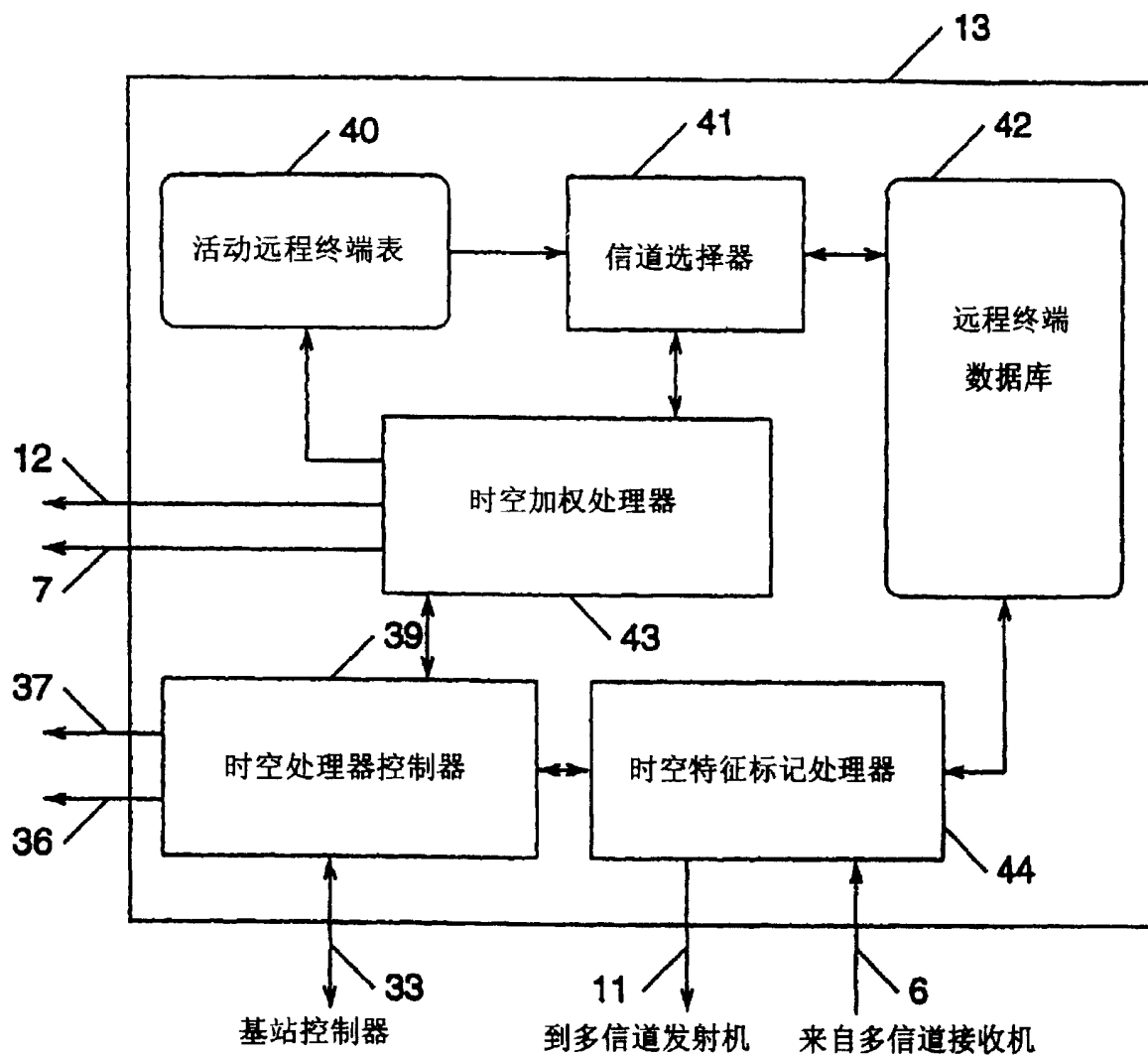


图8

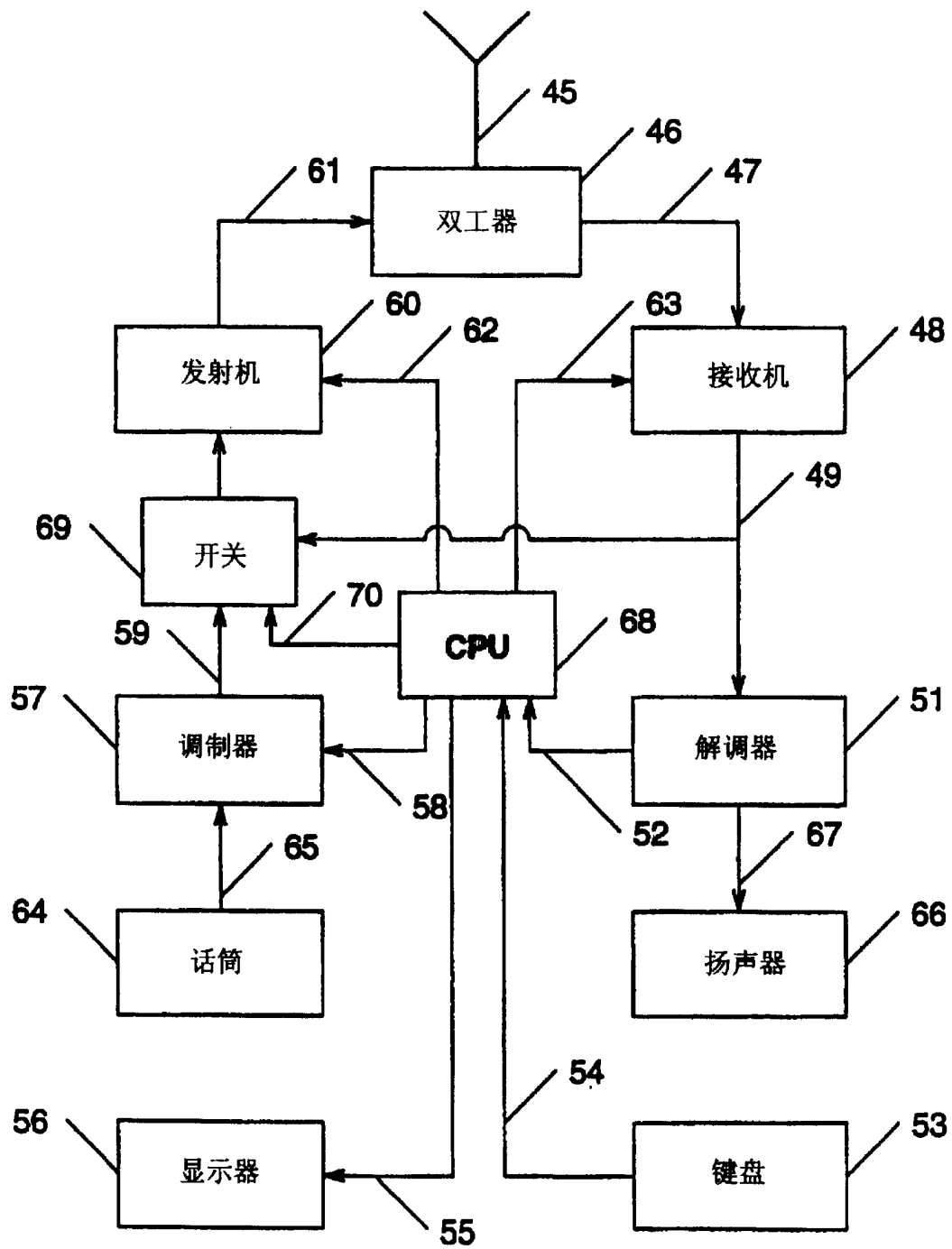


图9

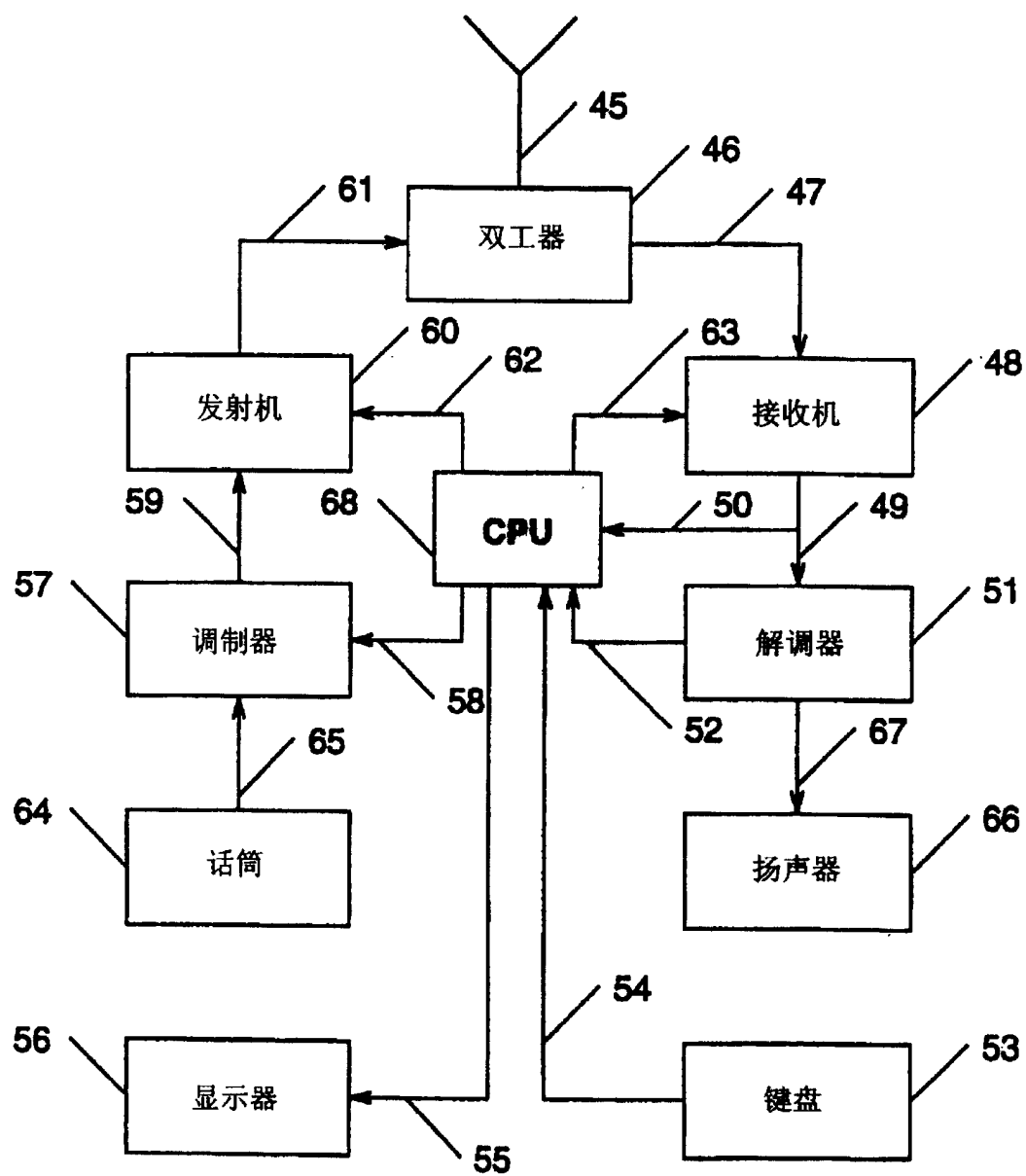


图10

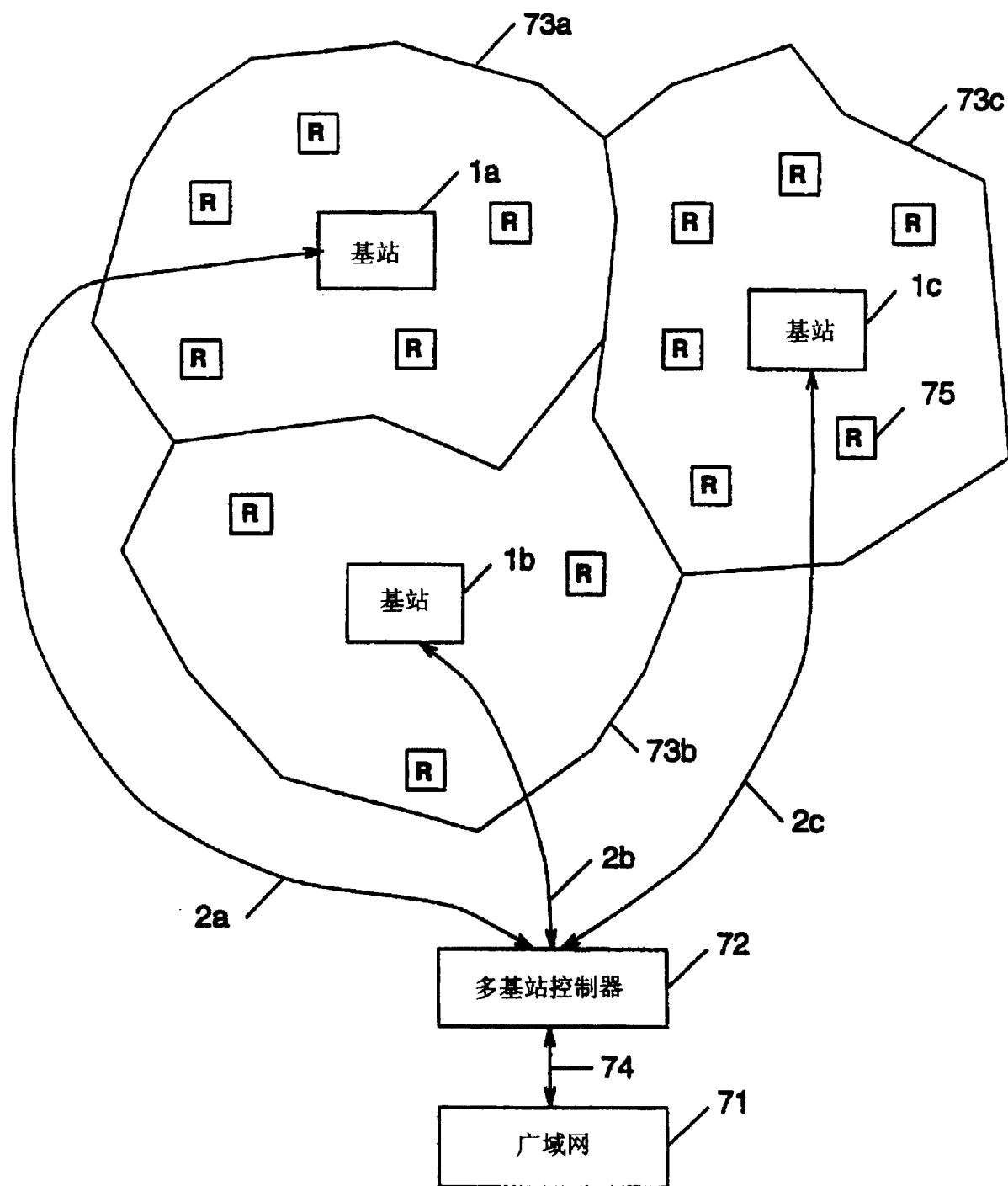


图11