



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104202132 B

(45)授权公告日 2018.02.23

(21)申请号 201410270497.9

(22)申请日 2003.07.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104202132 A

(43)申请公布日 2014.12.10

(30)优先权数据
10/251,935 2002.09.20 US

(62)分案原申请数据
03825185.X 2003.07.07

(73)专利权人 苹果公司
地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 V·塔罗克 M·贾 W·童 P·朱
J·马

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 冯玉清

(51)Int.Cl.
H04L 1/18(2006.01)
H04L 1/06(2006.01)

(56)对比文件
EP 1223702 A1,2002.07.17,
EP 0993130 A2,2000.04.12,
CN 1268813 A,2000.10.04,
anh van nguyen等.hybrid ARQ protocols
using space-time codes.《IEEE VTC 2001
FALL》.2001,第4卷正文第2364-2368页.

审查员 张浩

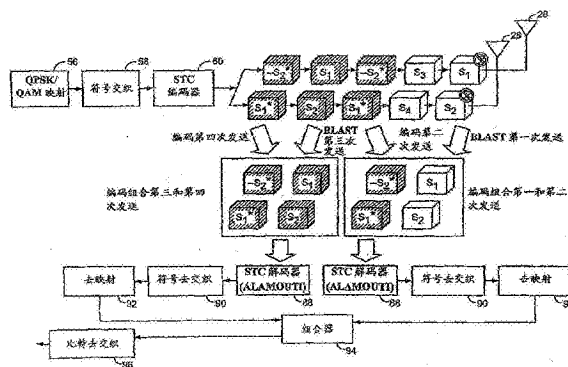
权利要求书2页 说明书15页 附图13页

(54)发明名称

无线通信设备及其操作方法

(57)摘要

本发明涉及可以在无线通信环境中结合空间和时间分集来提供增量冗余的空时编码技术。一般而言,发射机通过符号块以高带宽效率向接收机发送分组,如果接收机未正确接收到数据分组,则发射机发送附加符号来协助对未被正确接收的分组进行解码。采用混和型ARQ反馈机制,以便接收机可以就这些分组是否被正确接收通知发射机。发射机可以根据反馈信息确定是发送新的符号还是启用增量冗余。通过将对应于这些冗余符号的接收码字与原分组发送的那些码字组合,向接收机提供附加分集、编码增益、信号能量或它们的组合,并利用它们来正确地解码发送数据。



1. 一种无线通信设备,包括:

多个天线;

接收电路,配置为:

响应于从远程发射机发送第一组符号,从所述多个天线接收第一信号;

响应于确定所述第一组符号的解码的失败,向所述远程发射机发送请求,其中所述请求包括重发请求;

响应于从所述远程发射机发送第二组符号,从所述多个天线接收第二信号,其中所述远程发射机响应于所述请求而发送所述第二组符号,其中所述第二组符号是被重新排序以用于从所述远程发射机的多个天线中与所述第一组符号不同的天线发送的所述第一组符号;

空时解码器,所述空时解码器与所述接收电路相关联,并且被配置为:

基于第一空时码解码所述第一信号以获得对于所述第一组符号的估计;

基于第二空时码解码所述第一信号和所述第二信号以获得改善的对于所述第一组符号的估计。

2. 如权利要求1所述的无线通信设备,其中,所述第一空时码包括贝尔实验室分层空时(BLAST)码。

3. 如权利要求1所述的无线通信设备,其中,所述第一组符号是两个符号的组。

4. 如权利要求1所述的无线通信设备,其中,所述第一组符号和所述第二组符号形成Alamouti码。

5. 如权利要求1所述的无线通信设备,其中,所述接收电路还配置为:

响应于确定基于所述第二空时码的解码的失败,向所述远程发射机发送第二重发请求;

响应于从所述远程发射机重新发送所述第一组符号,从所述多个天线接收第三信号,其中所述远程发射机响应于所述第二重发请求重新发送所述第一组符号。

6. 一种用于操作无线通信设备的方法,所述方法包括:

响应于从远程发射机发送第一组符号,从多个天线接收第一信号;

基于第一空时码解码所述第一信号以获得对于所述第一组符号的估计;

响应于确定所述第一组符号的解码的失败,向所述远程发射机发送请求,其中所述请求包括重发请求;

响应于从所述远程发射机发送第二组符号,从所述多个天线接收第二信号,其中所述远程发射机响应于所述请求而发送所述第二组符号,其中所述第二组符号是被重新排序以用于从所述远程发射机的多个天线中与所述第一组符号不同的天线发送的所述第一组符号;

基于第二空时码解码所述第一信号和所述第二信号以获得改善的对于所述第一组符号的估计。

7. 如权利要求6所述的方法,其中,所述第一空时码包括贝尔实验室分层空时(BLAST)码。

8. 如权利要求6所述的方法,其中,所述第一组符号是两个符号的组。

9. 如权利要求6所述的方法,其中,所述第一组符号和所述第二组符号形成Alamouti

码。

10. 如权利要求6所述的方法,还包括:

响应于确定基于所述第二空时码的解码的失败,向所述远程发射机发送第二重发请求;

响应于从所述远程发射机重新发送所述第一组符号,从所述多个天线接收第三信号,其中所述远程发射机响应于所述第二重发请求重新发送所述第一组符号。

11. 一种无线通信设备,包括:

用于响应于从远程发射机发送第一组符号,从多个天线接收第一信号的装置;

用于基于第一空时码解码所述第一信号以获得对于所述第一组符号的估计的装置;

用于响应于确定所述第一组符号的解码的失败,向所述远程发射机发送请求的装置,其中所述请求包括重发请求;

用于响应于从所述远程发射机发送第二组符号,从所述多个天线接收第二信号的装置,其中所述远程发射机响应于所述请求而发送所述第二组符号,其中所述第二组符号是被重新排序以用于从所述远程发射机的多个天线中与所述第一组符号不同的天线发送的所述第一组符号;

用于基于第二空时码解码所述第一信号和所述第二信号以获得改善的对于所述第一组符号的估计的装置。

12. 如权利要求11所述的无线通信设备,其中,所述第一空时码包括贝尔实验室分层空时(BLAST)码。

13. 如权利要求11所述的无线通信设备,其中,所述第一组符号是两个符号的组。

14. 如权利要求11所述的无线通信设备,其中,所述第一组符号和所述第二组符号形成Alamouti码。

15. 如权利要求11所述的无线通信设备,还包括:

用于响应于确定基于所述第二空时码的解码的失败,向所述远程发射机发送第二重发请求的装置;

用于响应于从所述远程发射机重新发送所述第一组符号,从所述多个天线接收第三信号的装置,其中所述远程发射机响应于所述第二重发请求重新发送所述第一组符号。

无线通信设备及其操作方法

[0001] 本申请是2003年7月7日提交的题为“具有增量冗余的空时码”的发明专利申请03825185.X的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及无线通信,更具体地来说,涉及在空间分集通信环境中采用空时码协助增量冗余。

背景技术

[0003] 近年来,对无线数据服务的需求呈爆炸式增长,从无线语音到无线数据的演化造成对无线容量的需求呈指数级增长。由于全世界已经有超过十亿个用户,所以可以预计无线服务的预订量到2005年将超过有线服务的预订量。这已迫使无线服务提供商和设备供应商不得不寻求提高无线系统数据率的途经,由此促使大量机构对此进行研究。

[0004] 无线信道存在诸如路径损耗、屏蔽效应、衰落、噪声、带宽有限、移动终端上的电力受限以及来自其它用户的干扰等缺陷。这些限制使无线信道就像一个狭窄的管道,不允许快速的数据流以及使高效利用带宽的高数据率无线通信设计成为一项具有挑战性的任务。再者,无线系统设计上的挑战还包括资源分配的设计、与快速变化物理信道相关的移动性问题、便携性以及提供保密和安全性。

[0005] 当传输信道经历深度衰落时,接收机可能无法确定发送的信号,除非还向该接收机发送了该信号的另一个副本或版本。此方法称为分集,它是实现无线信道上可靠传输的最重要的贡献之一。分集的示例包括:

[0006] 1. 时间分集:将发送信号的副本以时域冗余的形式提供给接收机。

[0007] 2. 频率分集:利用在不同频率上发射的电波引起传播介质中不同的多径结构这一事实。将发送信号的副本以频域冗余的形式提供给接收机。

[0008] 3. 空间分集:采用空间上分开或具有不同偏振的天线。将发送信号的副本以空域冗余的形式提供给接收机。这可以在不影响带宽效率的前提下实现。

[0009] 空间分集通常是发射机与接收机的相关发射天线和接收天线的数量和布局的函数。用多个发射天线和接收天线实现空间分集的系统通常称为多输入多输出(MIMO)系统。因此,发送设备将具有N个发射天线,而接收设备具有M个接收天线。空时编码控制从N个发射天线的每一个发送什么数据。发射机上的空时编码功能处理要发送的数据,并创建从N个发射天线发送的唯一性信息。M个接收天线的每一个接收从N个发射天线的每一个发送的信号。接收设备上的空时解码功能组合从N个发射天线发送的信息以恢复该数据。

[0010] 空时编码(STC)通常采用许多种技术之一来实现。一种示范技术是以不同的格式对同一数据编码,以从不同的发射天线发送。因此,该同一数据以不同的格式从N个发射天线的每一个发送出去。另一种示范技术是从N个发射天线中不同的天线发送不同的数据,其中避免了第一种技术的冗余性。第一种技术即空时发送分集(STTD)在最大化分集时有效,但由于需要冗余导致效率不高。第二种技术通常称为V-BLAST(垂直-贝尔实验室分层空时)

提高了具有足够多的可用分集的系统系统吞吐量。一旦达到分集的阈值量,数据率就随 BLAST系统的发送和接收天线的数量线性增长,而附加的空间分集对 STTD系统中的数据率影响很小。本领域技术人员会认识到,其它STC 技术如空时格形码和空时块码。有关STTD和 V-BLAST的更多信息可以参见Siavash M.Alamouti所著的“用于无线通信的简单发送分集技术”(“A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications”,IEEE J.Select.Areas Commun.,vol.16,pp. 1451-1458,Oct.1998);G.J.Foschini所著的“采用多单元天线时用于衰落环境中的无线通信的分层空时体系结构”(“Layered Space-time Architecture for Wireless Communications in a Fading Environment when Using Multi-element antennas,”Bell Labs Tech.J.,pp.41-59,Autumn 1996;G.J.,pp.41-59, Autumn 1996);G.D.Golden,G.J.Foschini,R.A. Valenzuela和P.W.Wolniansky所著的“采用V-BLAST空时通信体系结构的检测算法和实验室初步结果”(“Detection Algorithm and Initial Laboratory Results Using V-BLAST Space-time Communication Architecture”Electronics Letters,vol.35,pp.14-16,Jan.1999);以及P. W.Wolniansky,G.J.Foschini,G.D.Golden和R.A.Valenzuela所著的“V-BLAST:用于多散射无线信道上实现超高速数据率的体系结构”(“V-BLAST:An Architecture for Realizing Very High Data Rates Over the Rich-scattering Wireless Channel,”Proc.IEEE ISSSE-98,Pisa,Italy, Sept.1998,pp.295-300);V.Tarokh等人所著“高数据率无线通信的空时码:性能分析和代码构造”(“Space-Time Codes for High Data Rate Wireless Communication:Performance Analysis and Code Construction,” IEEE Trans.Inform.Theory,pp.744-765,March 1998);以及Eko N. Onggosanusi等人所著“高速率空时块形编码的方案:相关衰落信道中的性能和改进”(“High Rate Space-time Block Coded Scheme: Performance and Improvement in Correlated Fading Channels,”IEEE Wireless Communications and Networking Conference,pp.194-256, Orlando,FL,USA,March 17-21,2002),以上文献通过引用结合于本文中。

[0011] 当有N个发送和M个接收天线时,对于每次发送时隙,同时从不同的发射天线发送N个信号。这些信号具有相同的发送周期。从不同天线发送的信号经历各不相同的衰落。每个接收天线上接收到的信号是受噪声干扰的传输信号的线性叠加。

[0012] 从数学角度来说,如果 $s_{t,n}$ 是从天线n发送的,在天线m上接收到的信号 $r_{t,m}$ 由下式给出:

$$[0013] \quad \text{Eq. 1 } r_{t,m} = \sum_{n=1}^N \alpha_{n,m} s_{t,n} + \eta_m$$

[0014] 路径增益 $\alpha_{n,m}$ 是从发射天线n到接收天线m的路径增益,而 η_m 表示噪声变量。对于平坦衰落,假定该路径增益在一帧期间保持恒定,但随帧变化。

[0015] 基于此假定,可以推导出空时码的设计准则。为描述该准则,将任何码字S书写为空时矩阵:

$$[0016] \quad \text{Eq. 2 } \mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} & s_{1,3} & \cdots & \cdots & s_{1,N} \\ s_{2,1} & s_{2,2} & s_{2,3} & \cdots & \cdots & s_{2,N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ s_{L,1} & s_{L,2} & s_{L,3} & \cdots & \cdots & s_{L,N} \end{pmatrix}$$

[0017] 为发送码字S,在时刻t=1、2、...、L上,分别同时从发射天线 1、2、...、N发送符号 $s_{t,1}, s_{t,2}, \dots, s_{t,N}$ 。空时码的设计准则要求,对于任何两个码字 $C_1 \neq C_2$,误差矩阵 $C_1 - C_2$ 必须是满秩的,以便得到分集NM,且行列式 $(C_1 - C_2) * (C_1 - C_2)$ 的秩很大。本文提供了两种示范空时码,即空时块码和格形码。

[0018] 为简洁起见,假定有两个发射天线 ($N=2$) 和M个接收天线。考虑采用具有 2^b 个元素的信号星座,如BPSK、QPSK、8-PSK、16-QAM。在时刻1, $2b$ 个比特到达编码器,从而提取星座符号 s_1 和 s_2 。则发送矩阵为:

$$[0019] \quad \text{Eq. 3 } \mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_1 & s_2 \\ -s_2^* & s_1^* \end{pmatrix}$$

[0020] 这就是所谓的Alamouti方案,它是空时块码的一个示例。对上述编码应用最大似然解码(MLD)有助于在 s_1 和 s_2 的所有可能值上使判决量度最小:

$$[0021] \quad \text{Eq. 4 } \sum_{m=1}^M \left(\left| r_{1,m} - \alpha_{1,m} s_1 - \alpha_{2,m} s_2 \right|^2 + \left| r_{2,m} - \alpha_{1,m} s_2^* - \alpha_{2,m} s_1^* \right|^2 \right)$$

[0022] 可以看到上述量度分成两个部分,其一是:

$$[0023] \quad \text{Eq. 5 } - \sum_{m=1}^M \left[r_{1,m} \alpha_{1,m}^* s_1^* + r_{1,m}^* \alpha_{1,m} s_1 + r_{2,m} \alpha_{2,m}^* s_1 + r_{2,m}^* \alpha_{2,m} s_1^* \right] + |s_1|^2 \sum_{n=1}^M \sum_{m=1}^2 |\alpha_{n,m}|^2$$

[0024] 仅是 s_1 的函数,而另一部分是:

$$[0025] \quad \text{Eq. 6 } - \sum_{m=1}^M \left[r_{1,m} \alpha_{2,m}^* s_2^* + r_{1,m}^* \alpha_{2,m} s_2 - r_{2,m} \alpha_{1,m}^* s_2 - r_{2,m}^* \alpha_{1,m} s_2^* \right] + |s_2|^2 \sum_{n=1}^M \sum_{m=1}^2 |\alpha_{n,m}|^2$$

[0026] 仅是 s_2 的函数。因此,为分别将 s_1 和 s_2 解码,解码器要分别地对所有星座符号使上述量度的第一和第二部分最小化。这些量度等效于用于解码 s_1 的:

$$[0027] \quad \text{Eq. 7 } \left[\sum_{m=1}^M (r_{1,m} \alpha_{1,m}^* + r_{1,m}^* \alpha_{2,m}) - s_1 \right]^2 + \left(-1 + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^2 |\alpha_{n,m}|^2 \right) |s_1|^2 ; \text{ 以}$$

及用于解码 s_2 的:

$$[0028] \quad \text{Eq. 8 } \left[\sum_{m=1}^M (r_{1,m} \alpha_{2,m}^* + r_{2,m}^* \alpha_{1,m}) - s_2 \right]^2 + \left(-1 + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^2 |\alpha_{n,m}|^2 \right) |s_2|^2$$

[0029] 因此,空时块形编码可以利用非常简单的编码/解码算法来实现,并取得满空间分集。格形码也可以采用BPSK、QPSK和8-PSK、16-QAM星座的空时设计准则来设计。

[0030] 编码通常在零状态开始。按照归纳法,假设在时刻t,编码器处于状态 S_t 。在时刻1, $2b$ 个比特到达编码器并选择从 S_t 开始的四个分支之一。该分支的两个标记同时从发射天线1和2发送。因此,编码器在所选择的分支结束时转移到状态 S_{t+1} 。空时格形码的解码可以利用维特比算法来完成,可以看到该方法使用上述码和M个接收天线来提供 $2M$ 级分集。

[0031] 一种提高无线数据分组网络中总吞吐量的方法是采用增量冗余。在此方法中,发射机以高带宽效率开始向接收机发送分组。如果接收数据被正确解码,并且这得到发射机确认,则无需发射机执行其它操作。如果接收机未正确接收到数据分组,则发射机发送附加符号,这些符号可以全部或部分冗余符号。虽然这些符号降低了总的分组数据传输带宽效率,但改善了接收。通过将对应于这些符号的接收码字与最初分组发送的码字组合,向接

收机提供附加的分集、发送冗余校验符号时的编码增益、信号能量或它们的组合,这些可用于正确地解码发送数据。

[0032] 存在允许接收机就某些分组未接收到或已破坏通知发射机的各种类型的协议。根据分组被破坏的指示,发射机将重发破坏的分组。某些通信系统实施自动请求重发 (ARQ) 协议来提供差错控制。一般而言,基于ARQ的系统会针对正确接收到的每个分组从接收机向发射机发送确认 (ACK),并在接收机无法正确恢复分组时发送否定确认 (NAK)。

[0033] 本领域技术人员已对增量冗余和ARQ技术进行了研究,存在大量有关这些主题的文献。但是,对采用多天线进行发送而言,增量冗余方案尚属未知。这部分是因为在空时信道中,从不同天线发送的信号叠加,这导致难以利用增量冗余来改善发送信号。因此需要一种方法来构造空时码,以促进在空间分集通信环境中的增量冗余。

发明内容

[0034] 本发明涉及可以在无线通信环境中结合空间和时间分集提供增量冗余的空时编码技术。一般而言,发射机通过符号块以高带宽效率向接收机发送分组,如果接收机未正确接收到数据分组,则发射机发送附加符号来协助对未被正确接收的分组进行解码。虽然这些附加符号降低了总的分组数据传输带宽效率,但改善了接收。最好,采用混和型ARQ反馈机制,以便接收机可以通知发射机这些分组是否被正确地接收到。根据反馈信息,发射机可以确定是发送新的符号还是启用增量冗余。通过将对应于这些冗余符号的接收码字与原分组发送的那些码字组合,向接收机提供附加分集、编码增益或它们的组合,并将其用于对发送的数据进行正确的解码。

[0035] 在结合附图阅读如下针对优选实施例的详细说明之后,本领域技术人员会清楚本发明的范围并意识到它的其它方面。

附图说明

[0036] 本说明书附图配合本说明书用于说明本发明的几个方面。

[0037] 图1是根据本发明一个实施例的无线通信系统的框图表示。

[0038] 图2是根据本发明一个实施例的基站的框图表示。

[0039] 图3是根据本发明一个实施例的移动终端的框图表示。

[0040] 图4是根据本发明一个实施例的发射机结构的逻辑分解图。

[0041] 图5是根据本发明一个实施例的接收机结构的逻辑分解图;

[0042] 图6表示现有技术的重发技术。

[0043] 图7表示根据本发明第一实施例的重发技术。

[0044] 图8表示根据本发明第二实施例的重发技术。

[0045] 图9表示根据本发明第三实施例的重发技术。

[0046] 图10表示根据本发明第四实施例的重发技术。

[0047] 图11表示根据本发明第五实施例的重发技术。

[0048] 图12表示根据本发明第六实施例的重发技术。

[0049] 图13表示根据本发明第七实施例的重发技术。

具体实施方式

[0050] 如下阐述的实施例给出了一些使本领域技术人员能够实施本发明的必要信息,并说明了实施本发明的优选方式。通过参考附图阅读如下说明,本领域技术人员将理解本发明的概念,并认识到这里未具体提出的这些概念的一些应用。应该明确的是,这些概念和应用归属于本发明公开和所附权利要求书的范围。

[0051] 本发明涉及空时编码技术,它可以在无线通信环境中结合空间和时间分集来提供增量冗余。一般而言,发射机通过符号块以高带宽效率向接收机发送分组,只有在接收机未正确接收到数据分组时,发射机会发送附加符号来协助对未被正确接收的分组进行解码。虽然这些附加符号降低了总的分组数据传输带宽效率,但改善了接收。最好,采用混和型ARQ反馈机制,以便接收机可以通知发射机这些分组是否被正确地接收到。根据反馈信息,发射机可以确定是发送新的符号还是启用增量冗余。通过将对应于这些冗余符号的接收码字与原分组发送的那些码字组合,向接收机提供附加分集、编码增益、信号能量或它们的组合,并将其用于正确地解码发送数据。在深入研究在STC 环境中实施混合型ARQ的细节之前,先提供本发明的移动终端和基站体系结构的高层概述。

[0052] 参考图1,其中显示的是一个基本的无线通信环境。一般而言,基站控制器(BSC) 10控制多个小区12内的无线通信,这些小区由对应的基站(BS) 14来提供服务。每个基站14协助与移动终端14 进行通信,这些移动终端16在与对应基站14相关联的小区12内。对本发明而言,基站14和移动终端16包括多个天线,以提供用于通信的空间分集。

[0053] 参考图2,其中显示了根据本发明一个实施例配置的基站14。基站14一般包括控制系统20、基带处理器22、发送电路24、接收电路 26、多个天线28和网络接口30。接收电路26通过天线28接收射频信号,该射频信号承载来自移动终端16所配备的一个或多个远程发射机的信息。最好,由低噪声放大器和滤波器(未显示)协同来将该信号放大并从该信号中去除宽带干扰以便进行处理。然后,由下变频和数字化电路(未显示)对滤波后的接收信号进行下变频,使其变成中频或基频信号,接着将其数字化成一个或多个数字流。

[0054] 基带处理器22处理数字化后的接收信号,并提取该接收信号中承载的信息或数据比特。此处理过程通常包括解调、解码和纠错等操作。因此,基带处理器22通常用一个或多个数字信号处理器(DSP) 实现。接收到的信息然后经网络接口30通过无线网络发送,或者发送给由基站14服务的另一个移动终端16。网络接口30通常会与基站控制器10和电路交换网交互,该电路交换网构成无线网络的一部分,其可以连接到公众交换电话网(PSTN)。

[0055] 在发送侧,基带处理器22在控制系统20的控制下从网络接口30 接收数字化的数据(其可表示语音、数据或控制信息),并对该数据编码以便发送。编码后的数据输出到发送电路24,在该处通过具有一个或多个期望发送频率的载波信号进行调制。功率放大器(未显示) 将调制后的载波信号放大到适合发送的电平,然后将该调制的载波信号通过匹配网络(未显示)传递给天线28。多个天线28以及复设的发送和接收电路24、26提供空间分集。下面将对调制和处理过程的细节进行更详细的说明。

[0056] 参考图3,其中显示了根据本发明一个实施例配置的移动终端16。与基站14相似,移动终端16包括控制系统32、基带处理器34、发送电路36、接收电路38、多个天线40和用户接口电路42。接收电路 38通过天线40接收承载来自一个或多个基站14的信息的射频信号。

最好,由低噪声放大器和滤波器(未显示)协同来将该信号放大并从该信号中去除宽带干扰以便进行处理。然后,由下变频和数字化电路(未显示)对滤波后的接收信号进行下变频,使其变为中频或基频信号,接着经数字化处理而成为一个或多个数字流。

[0057] 基带处理器34对数字化后的接收信号进行处理,并提取该接收信号中承载的信息或数据比特。此处理过程通常包括解调、解码和纠错等操作,下面将对此予以更详细的说明。基带处理器34一般用一个或多个数字信号处理器(DSP)和专用集成电路(ASIC)来实现。

[0058] 就发送而言,基带处理器34从控制系统32接收数字化后的数据,并将其编码以便发送。编码数据输出到发送电路36,在该处由调制器用于对具有一个或多个期望发送频率的载波信号进行调制。功率放大器(未显示)将调制后的载波信号放大到适合发送的电平,然后将该调制的载波信号通过匹配网络(未显示)传递给天线40。多个天线40以及复设的发送和接收电路36、38提供空间分集。下面将对调制和处理过程的细节进行更详细的说明。

[0059] 参考图4,其中显示了根据本发明一个实施例配置的逻辑发送体系结构。该发送体系结构描述的是基站14的发送体系结构,但本领域技术人员会认识到,所述体系结构同样适用于各种无线环境中的上行和下行通信。再者,该发送体系结构用于表示不同的多址体系结构,包括但不限于码分多址(CDMA)、频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和正交频分复用码分多址(OFDM)。

[0060] 初始时,基站控制器10将目的地为移动终端16的数据44发送到基站14,以进行调度。调度的数据44是一个比特流,它采用数据扰码逻辑46,以降低与数据相关联的峰均功率比的方式接受扰码处理。接着利用CRC添加逻辑48确定已加扰数据的循环冗余校验(CRC)码,并将其附加到加扰数据中。然后,利用信道编码逻辑50执行信道编码,以有效地为数据增加冗余,以协助在移动终端16上进行恢复和纠错。在一个实施例中,信道编码逻辑50采用Turbo编码技术。编码数据随后由速率匹配逻辑52加以处理,以补偿与编码相关联的数据扩充。

[0061] 比特交织逻辑54对编码数据中的比特进行系统性的重排,以将连续数据比特的丢失率降至最低。映射逻辑56根据所选的基带调制方式,将所得到的数据比特系统性地映射到对应的符号中。最好,采用正交幅度调制(QAM)或正交相移键控(QPSK)调制方式。可以通过符号交织逻辑58对符号进行系统性的重排,以进一步增强发送信号抗频率选择性衰落所致周期性数据丢失的能力。

[0062] 至此,已将比特集合映射成代表振幅和相位星座中的某些位置的符号。空时码(STC)编码逻辑60对符号块进行处理,以便进行编码。对符号块编码的方式至少部分基于混合型ARQ(HARQ)信号,该信号是由移动终端16发送并由基站14的接收电路26恢复的。该HARQ信号指示先前发送的数据是否被正确恢复。如果先前发送的数据尚未被正确恢复,则STC编码逻辑60将向移动终端16以相同或经过修改的格式重发全部或部分先前已发送的数据,以协助接收机恢复该发送数据。基于HARQ信号的编码控制可以由与STC编码器60相关联的HARQ控制逻辑60A来控制。

[0063] STC编码可以选择性地提供空时发送分集(STTD)或V-BLAST型编码。STTD编码方法将数据编码成多个格式,且同时从对应的天线28以空间分集发送所述多个格式。如下所述,在常规传输过程中,可以采用V-BLAST型编码,以便将数据分离并在不同的天线28上发送,以取得最大的吞吐量。当需要重发时,对先前发送的数据进行处理并予以重发,以协助

接收机恢复该发送数据(可能采用STTD)。

[0064] 因此,STC编码逻辑60将根据基于从移动终端16反馈的混合型 ARQ信号选择的STC编码模式处理输入符号,并提供对应于基站14 的发射天线28的数量的n个输出。稍后下文中会提供有关用于本发明的STC编码的其它细节。此时,假定这n个输出的符号表示要发送并可以由移动终端16恢复的数据。进一步的细节可参见A.F.Naguib、N.Seshadri和A.R.Calderbank所著的“空时码的应用和高容量及和高数据率无线系统的干扰抑制”(“Applications of space-time codes and interference suppression for high capacity and high data rate wireless systems,”Thirty-Second Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, Volume 2, pp.1803-1810,1998),该文献通过引用全部结合于本文中。

[0065] 为便于说明,假定基站14具有两个天线28($n=2$)且STC编码逻辑60提供两个输出符号流。相应地,STC编码逻辑60输出的每个符号流发送到对应的多址调制功能62,为便于理解将其分开显示。本领域技术人员会认识到,可以采用一个或多个处理器来提供这种模拟或数字信号处理,这种处理可以是单独的,也可以与其它处理相结合。例如,CDMA函数中的多址调制功能62会提供必需的PN码乘法运算,其中OFDM功能将采用离散傅立叶反变换(IDFT)或类似处理来操作各个符号,以执行傅立叶反变换。有关OFDM的其它详细信息,可参见共同转让的题为“OFDM的软切换(SOFT HANDOFF FOR OFDM)”、于2002年3月22日提交的序号为10/104399的申请;有关CDMA和其它多址技术的信息,可参见Behzad Razavi于1998年发表的“RF微电子(RF Microelectronics)”,这些文献均通过引用结合于本文中。

[0066] 每个所得到的信号通过对应的数字上变频(DUC)电路64和数模转换(D/A)转换电路66在数字域进行上变频以变成中频,然后转换为模拟信号。接着,通过RF电路68和天线28同时在期望的RF 频率上调制所得到的模拟信号,并将其放大并发送。注意,目的地移动终端16已知的导频信号先于发送数据之前发送。移动终端16可以利用这些导频信号来执行信道估计和干扰抑制,并且利用首部来识别基站14,下面将对此予以讨论。

[0067] 现在参考图5,其中说明移动终端16如何接收传来的信号。当传来的信号到达移动终端16的每个天线40时,由对应的RF电路74对各信号进行解调并加以放大。为简洁和清晰起见,只详细图示并描述了接收机中的多条接收路径之一。模数(A/D)和下变频电路(DCC)76对模拟信号进行数字化和下变频,以便进行数字处理。所得到的数字化信号可由自动增益控制电路(AGC)78用于根据接收到的信号电平控制RF电路74中的放大器的增益。

[0068] 数字化信号还馈送到同步电路80和多址解调功能82,多址解调功能82将恢复相应天线40在每条接收机路径上接收到的输入信号。同步电路80协助输入信号与多址解调功能82的对齐或相干,以便恢复输入信号,然后将其提供给信令处理功能84和信道估计功能86。信号处理功能84处理基本的信令和首部信息,以提供足够信息以生成信道质量测量值,其可能涉及将信道条件和/或每条接收路径的信噪比纳入考虑的链路的总信噪比。

[0069] 针对每条接收路径的信道估计功能86提供与信道条件对应的信道响应,以供STC解码器88使用。来自输入信号的符号以及每条接收路径的信道估计提供给STC解码器88。该信道估计提供足够的信道响应信息,以允许STC解码器88根据基站14所用的STC编码方式将符号解码。

[0070] STC解码器88在每条接收路径上提供STC解码,以基于从控制系统32或基带处理器

34获得的解码控制信号恢复发送的符号,控制系统32或基带处理器34还生成发往基站14的 HARQ信号以指示输入数据是否被正确接收或是否需要重发。解码控制信号基于基站14 所用的预期编码方案来控制解码,且最终由HARQ信号决定,因为基站14根据重发丢失符号的需要来提供编码方案。

[0071] 采用与基站14的符号交织器逻辑58对应的符号去交织器逻辑90 将接收的符号依次放回。然后利用去映射逻辑92将去交织的符号解调或去映射为对应的比特流。根据接收机体系结构的具体配置,可选地包括组合器逻辑94 (如本领域中熟知的Chase组合器),以便组合与并行接收信道相关联的能量,以得出每个比特或比特集合作的软判决。然后,利用与发射机结构的比特交织器逻辑54对应的比特去交织逻辑96将这些比特去交织。去交织后的比特然后由速率去匹配逻辑98加以处理,而后提供给信道解码器逻辑100以恢复初始扰码的数据和CRC校验和。相应地,CRC逻辑102去除CRC校验和,以常规方法检查加扰的数据,并将其提供给解扰逻辑104,以利用已知的基站解扰码进行解扰,从而恢复首次发送的数据106。

[0072] 注意,CRC逻辑102适用于确定输入数据是否已被正确解码。可以向控制系统32或基带处理器34提供检错信号,以指示是否检测到差错。响应该检错信号,可以生成HARQ信号,以通过发送电路36 发送到基站14。本领域技术人员会认识到许多技术可用于监视输入比特、符号、数据分组或其组合中是否存在差错并生成HARQ信号的技术。

[0073] 可以基于已恢复数据来确定信道质量指示器(CQI)。可以沿数据恢复路径(功能块90至106)的任何位置设置附加的或备用的CQI 功能108,用以监视信噪比、误码率等,以便生成有关个别或整体信道质量的信息。有关确定CQI值的示范方法的其它信息,可参见共同转让的题为“自适应调制和编码的信道质量测量方法和装置 (METHOD AND APPARATUS FOR CHANNEL QUALITY MEASUREMENT FOR ADAPTIVE MODULATION AND CODING)”、于2001年10月17日提交的、序列号为60/329511的申请。

[0074] 在提供本发明的不同实施例的说明性示例之前,先提供现有技术的示范重发方案,以帮助理解本发明的细微差别。参考图6,将要发送的数据比特提供给QPSK/QAM映射逻辑56并由其转换成符号,这些符号接着由符号交织逻辑58进行交织。假定有两个发射天线28,以及交织的符号 s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_4 、 s_5 、 s_6 等表示要通过这两个天线28 向接收机发送的交织信号。再者,还假设一种备用的分配机制(未显示)对符号进行分配,以便沿导向天线28的发送通路发送。因此,在第一发送周期,符号 s_1 与符号 s_2 同时分别从第一发射天线28和第二天线28发送。依此类推,在第二发送周期,符号 s_3 与符号 s_4 同时分别从第一发射天线28和第二天线28发送。

[0075] 为了进行说明,按符号讨论重发;但是,本领域技术人员会认识到,重发可能要求重发对应于所有或部分已发送的数据分组的符号集合。在此现有技术描述中,假定接收机包括提供BLAST解码功能的 STC解码器88,用于在每次发送周期对发送的符号进行解码。因此, BLAST解码器88会接收从每个发射天线28发送的两个符号的解调表示,并尝试对这些符号进行解码,并且将判决结果提供给符号去交织逻辑90,符号去交织逻辑90将对已解码的符号去交织,然后将其发送到去映射逻辑92。假定接收机确定无法将第一发送周期发送的符号 s_1 和 s_2 解码,就会通知发射机解码失败。

[0076] 发射机将简单地通过经同一天线28以冗余方式重发符号 s_1 和 s_2 来作出响应。因此,

符号 s_1 通过第一发射天线28重发,而符号 s_2 同时通过第二天线28重发。如图所示,BLAST解码器88将尝试对重发的符号 s_1 和 s_2 进行解码,并将输出提供给符号去交织逻辑90,符号去交织逻辑90将去交织的符号转发到去映射逻辑92。此时,将首次发送的符号 s_1 和 s_2 所对应的比特和重发符号所对应的比特提供给组合器94(如Chase组合器),以有效地组合已恢复比特的相关能量来尝试恢复该发送的比特。组合器94的输出将表示与符号 s_1 和 s_2 相关联的接收比特的硬判决,这些比特随后发送到比特去交织逻辑96并按常规方式进行处理。根据以上说明,现有技术的系统只是重发原先发送过的数据。因此,就重发而言,分集或编码增益均未得到明显的改善。

[0077] 现在参考图7,说明本发明的第一实施例。注意,数据比特被提供给QPSK/QAM映射逻辑56以生成符号,这些符号随后由符号交织逻辑58进行交织,接着传递给STC编码器60。STC编码器60有效地分配要发送的符号,以便实现BLAST编码,其中,从各发射天线28发送不同的符号。本实施例的操作与图6所示相似。再次假定符号 s_1 和 s_2 未被正确地解码,并向发射机提供重发请求,使STC编码器60以重新排序的方式重发符号 s_1 和 s_2 ,这意味着符号 s_2 通过第一天线28发送,而符号 s_1 同时通过第二天线28发送。以此方式,符号 s_1 和 s_2 通过不同的天线28重发,且这些符号经历不同的信道路径和信道条件。在接收期间,STC解码器88将尝试对接收到的符号 s_1 和 s_2 进行解码,并将其重新排序,以便与首次发送尝试的顺序匹配。解码的符号发送到符号去交织逻辑90,并通过去映射逻辑92去映射为对应的比特。如上所述,组合器逻辑94将第一次发送的去映射的结果与重发的结果进行组合,得到对应于符号 s_1 和 s_2 的比特的硬判决。这些硬判决然后发送到比特去交织逻辑96,接着如上所述继续,以便进行处理。本实施例对空时块形编码尤其有益,并导致某种程度非正交的体系结构。

[0078] 现在参考图8,描述图7所示实施例的一种增强。就发送和重发而言,发射机的操作是相同的,其中,符号 s_1 和 s_2 在未被正确解码时,通过不同的天线28重发。假定每次发送都是BLAST方式的发送,则接收机的STC解码器88将首先尝试采用 2×2 BLAST解码技术来对首次发送的符号 s_1 和 s_2 进行解码。假定发现符号 s_1 和 s_2 被破坏,则相应地用信号通知发射机,这将触发以重排方式重发符号 s_1 和 s_2 。

[0079] 在接收重发符号期间,STC解码器88进行操作,以采用 2×4 BLAST解码技术并利用首次发送时存储的原接收信号以及重发期间接收到的符号来提供虚拟天线阵列。这样,STC解码器88模拟了具有四天线阵列的接收机。利用来自首次发送的额外信息,就如同该信息是重发时同时接收到的一样,并且STC解码器88配置为处理首次发送的符号 s_1 和 s_2 以及重发符号 s_1 和 s_2 ,以提供两个发送符号 s_1 和 s_2 的符号判决。最好从与符号 s_1 和 s_2 的首次发送不同的天线28来发送重发符号 s_1 和 s_2 。因此,图8所示的实施例允许在接收机上有效地对BLAST型发送和重发数据进行解码,仿佛该接收机具有多于实际数量的天线。注意,此技术不需要组合器94,这降低了接收机的复杂性以及信道条件良好时处理的复杂性,从而可以采用较简单的解码方法,直到需要重发为止。

[0080] 在本发明的第四实施例中,重发过程结合正交空时块码来进一步提高有效的高效重发的可能性。在具体讨论之前,先概述正交空时码。首先考虑在无线环境中采用两个发射天线($N=2$)。在高带宽效率模式中,发射机每次从这两个发射天线发送两个未编码符号。如果每个分组中的 L 次发送对应于若干数据比特,则每分组发送对应于 $4L$ 个发送比特的 $2L$ 个星座符号。发送矩阵为:

$$[0081] \quad \text{Eq. 9} \mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} \\ s_{2,1} & s_{2,2} \\ \vdots & \vdots \\ s_{L,1} & s_{L,2} \end{pmatrix}$$

[0082] 其中 $s_{1,1}$ 、 $s_{1,2}$ 、 $s_{2,1}$ 、 $s_{2,2}$ 、 \dots 、 $s_{L,1}$ 、 $s_{L,2}$ 是符号。

[0083] 接收机上的STC解码器88尝试对上述未编码的符号解码。当接收天线数量 M 较少时,这意味着为了使接收机可以正确地将发送数据解码,信道必须良好,且接收机必须享有合理的信干比和信噪比。这在某些情况下可能并非如此,因此接收机可能无法正确地将发送分组解码。

[0084] 在这种情况下,假定接收机利用例如CRC检测到解码比特中有错误,于是便通过某种协议(例如采用否定确认)向发射机指示解码未成功。这时,发射机开始向接收机发送冗余符号:

$$[0085] \quad \text{Eq. 10} \mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{L+1,1} & s_{L+1,2} \\ s_{L+2,1} & s_{L+2,2} \\ s_{L+3,1} & s_{L+3,2} \\ \vdots & \vdots \\ s_{2L,1} & s_{2L,2} \end{pmatrix}$$

[0086] 发射机选择满足如下条件的符号:

$$[0087] \quad \text{Eq. 11} s_{L+j,1} = -s_{j,2}^*$$

$$[0088] \quad s_{L+j,2} = s_{j,1}^*, \text{ 对于 } j=1, 2, \dots, L。$$

[0089] 在接收机上,时刻 $t=j$ 和 $t=L+j$ ($j=1, 2, \dots, L$) 的接收信号对应于如上所述采用两个天线空时块码的发送。因此,如果信道在发送周期和重发周期内保持静态,则接收机可以 $2M$ 级分集将发送符号解码。这大大地提高了接收机正确解码的概率。但是,因为 $2L$ 个时刻期间发送 $2L$ 个符号,所以分组发送的带宽效率降低。总的来说,对解码错误的分组使用上述增量冗余方案,便以 $2M$ 级分集在 $2L$ 次发送期间发送 $4L$ 个比特。为了得到正确解码的分组,以 M 级分集在 L 次发送中发送 $4L$ 个比特。

[0090] 上述技术可推广到“从正交设计获得的空时块码”(“Space-Time Block Codes From Orthogonal Designs,” by V. Tarokh, H. Jafarkhani and A. R. Calderbank, IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 45, No. 5, pp. 1456-1467, July 1999) 中所述的所有空时块码,该文献通过引用全部结合于本文中。类似地,发射机发送空时块码的第一行码字,以进行不编码发送。一旦分组解码不正确,则发送这些码字矩阵的其余行。假定信道是静态信道,则解码器可以利用以上引用的Tarokh等人所著文献中所述的空时块形解码来将这些符号解码,并可以取得较好的解码性能。

[0091] STC编码器60配置为当 s_1 和 s_2 未被正确接收时重发首次发送的信号 s_1 和 s_2 的编码版本。因此,STC编码器60生成首次发送的符号 s_1 和 s_2 的编码版本。编码的符号称为编码的重发符号,表示为 s_1^* 和 $-s_2^*$ 。接收过程中,如果接收到的符号未被正确地解码,则接收机上的

STC 解码器88将存储它们。假定正交发送的符号 s_1 和 s_2 丢失,且发射机的 STC编码器60根据重发 s_1 和 s_2 的需要重发 s_1^* 和 $-s_2^*$ 。最好,重发符号 $-s_2^*$ 通过第一天线28,即发送原正交符号 s_1 的天线发送;而重发符号 s_1^* 通过第二天线28,即发送原正交符号 s_2^* 的天线发送。

[0092] 接收过程中,利用常规的BLAST技术来对第一次发送符号进行解码,而当针对首次发送的符号 s_1 和 s_2 进行重发(s_1^* 和 $-s_2^*$)时,STC 解码器88将采用可用的STC解码技术(如Nortel网络公司提出的迫零、最小均方差或MLD或常规的Alamouti解码技术)对每个首次发送的符号 s_1 和 s_2 和重发符号 s_1^* 和 $-s_2^*$ 执行空时块解码。STC解码器88 将符号提供给符号去交织逻辑90,并利用去映射逻辑92将得到的符号去映射为比特,并如上所述继续进行后续处理。再者,本领域技术人员已知,STC解码器88可以实施Alamouti解码,不过这不是最优方案。在本实施例中,STTD可以视为V-BLAST,尤其是增加了大量接收天线或虚拟天线的情况中。例如,2×2 STTD系统可以视为2×4 V-BLAST系统,如下所示:

$$[0093] \quad \text{Eq. 12} \quad \begin{bmatrix} \mathbf{r}_{1,t_1} \\ \mathbf{r}_{1,t_2} \\ \mathbf{r}_{2,t_1}^* \\ \mathbf{r}_{2,t_2}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_{11,t_1} & \mathbf{h}_{12,t_1} \\ \mathbf{h}_{21,t_1} & \mathbf{h}_{22,t_1} \\ \mathbf{h}_{12,t_2}^* & -\mathbf{h}_{11,t_2}^* \\ \mathbf{h}_{22,t_2}^* & -\mathbf{h}_{21,t_2}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{s}_1 \\ \mathbf{s}_2 \end{bmatrix}$$

$$\bar{\mathbf{r}} = \mathbf{H}\bar{\mathbf{s}}$$

[0094] 它的解由等式13给出:

$$[0095] \quad \text{Eq. 13} \quad \bar{\mathbf{s}} = (\mathbf{H}^*\mathbf{H})^{-1}\mathbf{H}^*\bar{\mathbf{r}}$$

[0096] 同样地,可以看到当如下条件成立时此推广的解码解退化成 Alamouti解:

$$\begin{aligned} \mathbf{h}_{11,t_1} &= \mathbf{h}_{11,t_2} \\ \mathbf{h}_{12,t_1} &= \mathbf{h}_{12,t_2} \\ \mathbf{h}_{21,t_1} &= \mathbf{h}_{21,t_2} \\ \mathbf{h}_{22,t_1} &= \mathbf{h}_{22,t_2} \end{aligned}$$

[0097] Eq. 14

[0098] 信号正交性总是提供潜在的增益。但是,是否可以在接收机上取得这些增益,取决于保持了多少正交性。增量冗余STBC提供了这种潜在的增益。注意,等式13提供了等式12的迫零结果。还可以进一步采用其它更高级的算法如迭代MMSE和MLD来提高系统性能。

[0099] 根据图9所示的实施例,码组合将显著地提高重发性能;但是,即使已重发重发符号 s_1^* 和 $-s_2^*$,仍存在符号 s_1 和 s_2 无法正确解码的可能性。因此,可能需要第三和第四次重发。图10说明一种需要三次发送时的示范解码技术,图11说明需要四次重发的技术。

[0100] 参考图10,其中描述了涉及第三次发送即第二次重发的解码。再次假定符号 s_1 和 s_2 最初通过天线同时发送。还假定接收机无法正确地将符号 s_1 和 s_2 解码,并通知发射机解码尝试失败。STC编码器60随后将在下一个可用时隙重发符号 s_1 和 s_2 的编码版本 s_1^* 和 $-s_2^*$ 。同样,在与首次发送时不同的天线28上发送符号 s_1 和 s_2 的重发版本。因此,STC 解码器88首先尝试

基本的BLAST解码,而对于符号 s_1^* 和 $-s_2^*$ 的第二次发送尝试,则对首次发送的符号 s_1 和 s_2 和重发符号 s_1^* 和 $-s_2^*$ 应用空时解码技术如STTD。由于接收机仍无法正确地将 s_1 和 s_2 解码,所以它向发射机指示解码尝试失败,STC编码器60予以响应,通过简单地沿原传输路径重发原符号 s_1 和 s_2 来第三次发送符号 s_1 和 s_2 。在接收机,STC解码器88将通过操作第二次发送尝试的重发符号 s_1^* 和 $-s_2^*$ 和原符号 s_1 和 s_2 的重发版本来尝试解码发送符号 s_1 和 s_2 。

[0101] 此时,已对两组符号执行了STC解码(如STTD解码)。第一组包括(首次发送的) s_1 和 s_2 和符号 s_1^* 和 $-s_2^*$ 。第二组还包括第二次发送的 s_1^* 和 $-s_2^*$,以及第三次发送重发的符号 s_1 和 s_2 的原始版本。对第一组的解码结果进行去交织和去映射,然后将得到的比特与对第二组解码得到的比特并行发送到组合器94。这样,综合利用从第一组和第二组解码得到的比特来尝试恢复发送数据。如上所述对所得比特进行处理。因此,STC解码器88可以根据重发的次数,按需要对不同的符号组和重发符号动态地从基本的BLAST解码方式切换为STC解码方式。

[0102] 接续描述以上示例,假定第三次发送(第二次重发)仍不足以将符号 s_1 和 s_2 解码。参考图11,其中说明第四次发送(第三次重发)的情况。假定前三次发送如参考图10所述,但仍未得到正确解码的符号 s_1 和 s_2 。因此,接收机向发射机指示解码失败,而STC编码器60将重发符号 s_1^* 和 $-s_2^*$ 。在接收机上,STC解码器88对两组符号执行操作。第一组符号包含前二次发送的符号 s_1 、 s_2 、 s_1^* 和 $-s_2^*$,而第二组包含第三次和第四次发送的符号 s_1 、 s_2 、 s_1^* 和 $-s_2^*$ 。对第一组中的符号进行解码,然后对第二组中的符号进行解码。将所得结果去交织并去映射,然后同时将对这两组解码得到的比特提供给组合器94,组合器94就接收到的这些比特执行硬判决,然后如上所述对这些比特进行处理。

[0103] 参考图12,尝试接收同时转换的符号 s_1 到 s_4 失败会触发STC编码器60同时重发符号 s_1 到 s_4 的空时编码版本,它们表示为 s_1^* 、 $-s_2^*$ 、 s_3^* 和 $-s_4^*$ 。在收到其中每个符号之后,接收机上的STC解码器88将执行双重STBC解码功能,以尝试恢复符号 s_1 至 s_4 来进行处理。因此,本发明对于采用STBC编码和解码技术的块重发是非常有效的。

[0104] 图13说明一种备选块重发技术,其中采用空时格形码来提供增量冗余。

[0105] 考虑在无线环境中采用两个发射天线,并不失一般性地假定信号星座是QPSK。在高带宽效率模式中,发射机每次从这两个发射天线发送两个未编码的QPSK符号。如果每个分组的L次发送对应于若干数据比特,则每分组发送对应于 $4L$ 个发送比特的 $2L$ 个星座符号。发送矩阵为:

$$[0106] \quad \text{Eq. 15} \mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} \\ s_{2,1} & s_{2,2} \\ s_{3,1} & s_{3,2} \\ \vdots & \vdots \\ s_{L,1} & s_{L,2} \end{pmatrix}$$

[0107] 其中 $s_{1,1}$ 、 $s_{1,2}$ 、 $s_{2,1}$ 、 $s_{2,2}$ 、...、 $s_{L,1}$ 、 $s_{L,2}$ 是QPSK符号。

[0108] STC解码器88尝试对上述未编码的符号解码。假定有M个接收天线,则此未编码发送方案提供M级分集。当接收天线的数量M较少时,这意味着为了使接收机可以正确将发送数据解码,信道必须良好,且接收机必须享有合理的信干比和信噪比。在某些情况下可能并非如此,因此接收机可能无法正确地将发送分组解码。在此情况下,假定接收机检测到解码比特中有错,于是采用某种协议向发射机指示解码失败。此时,发射机开始向接收机发送冗余符号:

$$[0109] \quad \text{Eq. 16} \mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{L+1,1} & s_{L+1,2} \\ s_{L+2,1} & s_{L+2,2} \\ s_{L+3,1} & s_{L+3,2} \\ \vdots & \vdots \\ s_{2L+1,1} & s_{2L+1,2} \end{pmatrix}$$

[0110] 发射机选择满足如下条件的符号:

$$[0111] \quad \text{Eq. 17} \begin{aligned} s_{L+1,1} &= 1, \\ s_{L+j,1} &= s_{j-1,2}, j = 2, 3, \dots, L+1, \\ s_{L+j,2} &= s_{j,1}, j = 1, 2, 3, \dots, L, \\ s_{2L+1,2} &= 1 \end{aligned}$$

[0112] 以这种方式,发送L+1次冗余发送。在解码器上,接收机将接收到的码字重新排序,排序顺序为 $r_{L+1,j}, r_{1,j}, r_{L+2,j}, r_{2,j}, \dots, r_{2L,j}, r_{L,j}, r_{2L+1,j}$ (其中 $j=1, 2, \dots, M$),并观察到该接收码字对应于从零状态开始并结束于零状态的格形路径。该路径可以利用维特比算法来确定,并且可以分集2M来计算发送符号。

[0113] 该操作过程显著提高了接收机正确解码的概率。但是,由于在2L+1次发送中发送了2L个符号,因此分组传输带宽效率降低。概括地说,对解码出错的分组使用上述增量冗余方案,以2M的分集在2L+1次发送中发送了4L个比特。为了得到正确解码的分组,以M的分集在L次发送中发送4L个比特。

[0114] 上述技术可以推广到任何数量的发射天线N。如下示例给出这种情况。考虑在无线环境中采用三个发射天线,并不失一般性地假定信号星座是QPSK。在高带宽效率的模式中,发射机在每次发送时间从这三个发射天线发送三个未编码的QPSK符号。如果每个分组的L次发送对应于若干数据比特,则每分组发送对应于6L个发送比特的3L个星座符号。发送矩阵为:

$$[0115] \quad \text{Eq. 18} \mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} & s_{1,3} \\ s_{2,1} & s_{2,2} & s_{2,3} \\ s_{3,1} & s_{3,2} & s_{3,3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{L,1} & s_{L,2} & s_{L,3} \end{pmatrix}$$

[0116] 其中 $s_{1,1}, s_{1,2}, s_{1,3}, s_{2,1}, s_{2,2}, s_{2,3}, \dots, s_{L,1}, s_{L,2}, s_{L,3}$ 是QPSK符号。

[0117] STC解码器88尝试对上述未编码的符号解码。假定采用M个接收天线,则此未编码发送方案提供M级分集。当接收天线的数量M 较少时,这意味着为了使接收机可以正确地将发送数据解码,接收机信道必须良好,并且它必须享有合理的信干比和信噪比。在某些情况下可能并非如此,因此接收机可能无法正确地将发送分组解码。

[0118] 在此情况下,假定接收机检测到解码比特中有错,于是便使用某种协议向发射机指示解码失败。此时,发射机开始向接收机发送冗余符号:

$$[0119] \quad \text{Eq. 19} \mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{L+1,1} & s_{L+1,2} & s_{L+1,3} \\ s_{L+2,1} & s_{L+2,2} & s_{L+2,3} \\ s_{L+3,1} & s_{L+3,2} & s_{L+3,3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{3L+2,1} & s_{3L+2,2} & s_{3L+2,3} \end{pmatrix}$$

[0120] 发射机选择满足如下条件的符号

$$[0121] \quad \text{Eq. 20} \begin{aligned} s_{L+1,1} &= s_{L+1,2} = 1, & s_{L+1,3} &= s_{1,1}, \\ s_{L+2,1} &= 1, & s_{L+2,2} &= s_{1,1}, & s_{L+2,3} &= s_{1,2}, \\ s_{L+2j+1,1} &= s_{j,2}, & s_{L+2j+1,2} &= s_{j,3}, & j &= 1, 2, \dots, L, \\ s_{L+2j+1,3} &= s_{j+1,1}, & j &= 1, 2, \dots, L-1, \\ s_{L+2j+2,1} &= s_{L+2j+1,2}, & s_{L+2j+2,2} &= s_{L+2j+1,3}, & j &= 1, 2, 3, \dots, L, \\ s_{L+2j+2,3} &= s_{j+1,2}, & j &= 1, 2, \dots, L-1, \\ s_{3L+1,1} &= s_{L,2}, & s_{3L+1,2} &= s_{L,3}, & s_{3L+1,3} &= 1, \\ s_{3L+2,1} &= s_{L,3}, & s_{3L+2,2} &= s_{3L+2,3} = 1. \end{aligned}$$

[0122] 以这种方式发送2L+2次冗余发送。在STC解码器88上,接收机将接收到的码字重新排序,排序顺序为 $r_{L+1,j}, r_{L+2,j}, r_{1,j}, r_{L+3,j}, r_{L+4,j}, r_{2,j}, \dots, r_{3L-1,j}, r_{3L,j}, r_{L,j}, r_{3L+1,j}, r_{3L+2,j}$ ($j = 1, 2, \dots, M$),并观察到该接收码字对应于空时码的16状态格形图中对应于使用3个发射天线的延迟分集的路径,如“用于高数据率无线通信的空时码:性能分析和代码结构”(“Space-time codes for high data rate wireless communication: performance analysis and code construction,” by V. Tarokh, N. Seshadri and A. R. Calderbank, IEEE Trans. Inform. Theory, pp. 744-765, March 1998), 此文献通过引用全部结合于本文中。该路径可以利用维特比算法来确定,可以利用3M的分集来计算发送符号。

[0123] 这大大提高了接收机正确解码的概率。但是,由于3L+2次发送发送3L个符号,降低了分组传输带宽效率。概括地说,对解码出错的分组使用上述增量冗余方案,以3M的分集在3L+2次发送中发送6L个比特。为了得到正确解码的分组,以M的分集在L次发送中发送6L个比特。从以上两个示例可以清楚,利用冗余符号,可以优化任何序列的未编码空时发送,以便对应于与延迟分集对应的发送。通过采用这些冗余发送,可将延迟分集的格形图和维特比算法用于提高性能。

[0124] 参考图13,其中通过示例说明基于格形码的STC环境。假定在第一发送时隙期间发送符号 s_1 和 s_2 ,在第二发送时隙期间发送 s_3 和 s_4 。在接收后,接收机回送HARQ信号,以指示符号 s_1 至 s_4 未被正确解码。因此,STC编码器60将利用格形编码重发符号 s_1 至 s_4 。本质上,是

以另一种方式重发符号 s_1 至 s_4 ,其中符号串以间隔符号开始和结束,最好该间隔符号具有实数值1。因此,有效地通过发送六个符号来实现四个符号 s_1 至 s_4 的重发。注意,间隔符号使每个重发符号 s_1 至 s_4 从与首次发送不同的天线28发送。

[0125] 在接收机上,对首次发送的符号 s_1 至 s_4 尝试BLAST解码。对于重发的格形符号1、 s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_4 和1,STC解码器88将尝试对原符号 s_1 至 s_4 和重发的符号 s_1 至 s_4 执行格形解码,其中,有效地将间隔符号去除,仅用它来标记重发符号的开始和结束位置。格形解码器88 将尝试进行解码,并将符号提供给去交织逻辑90,去交织逻辑90会将去交织的符号提供给去映射逻辑92,以恢复发送比特。

[0126] 本领域技术人员会认识到针对本发明优选实施例的各种改进和修改方案。所有这些改进和修改均在本文所公开以及所附权利要求书限定的本发明范围内。

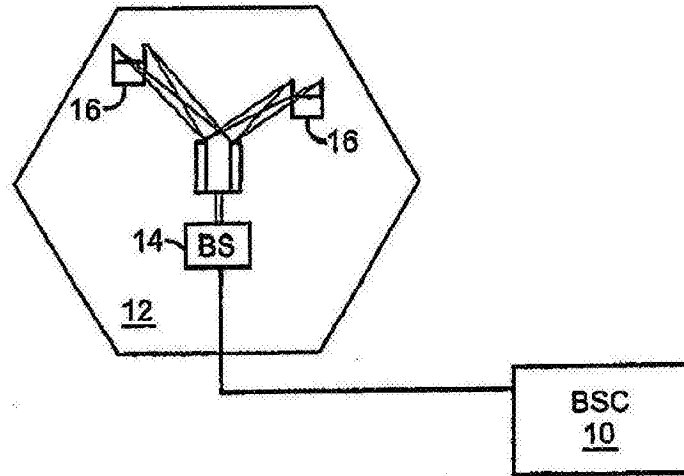


图1

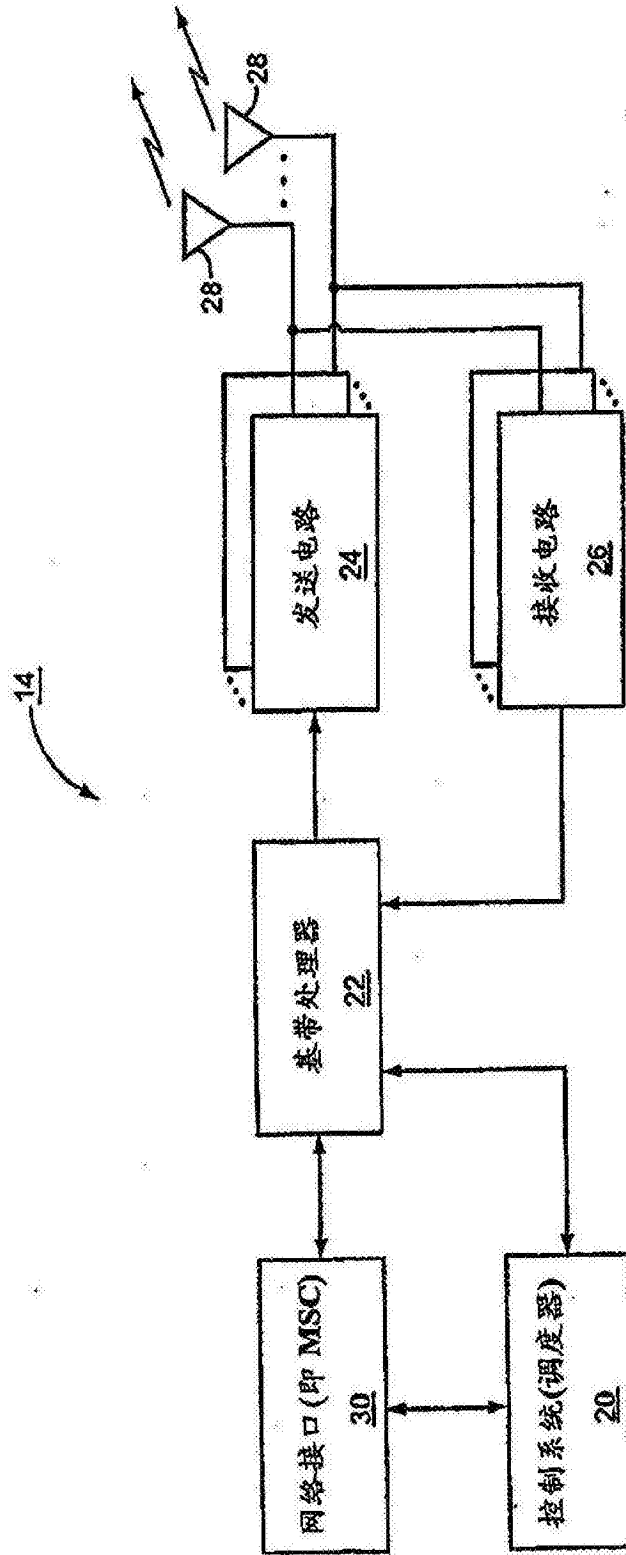


图2

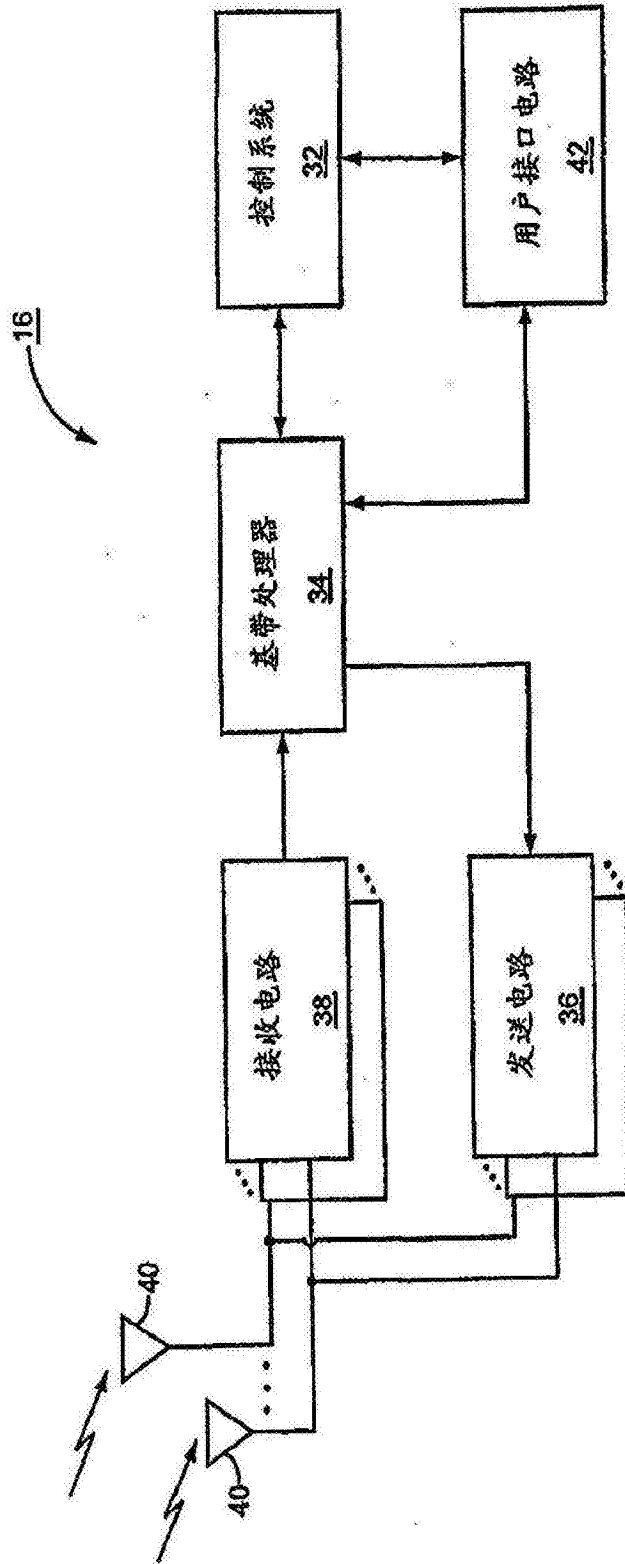


图3

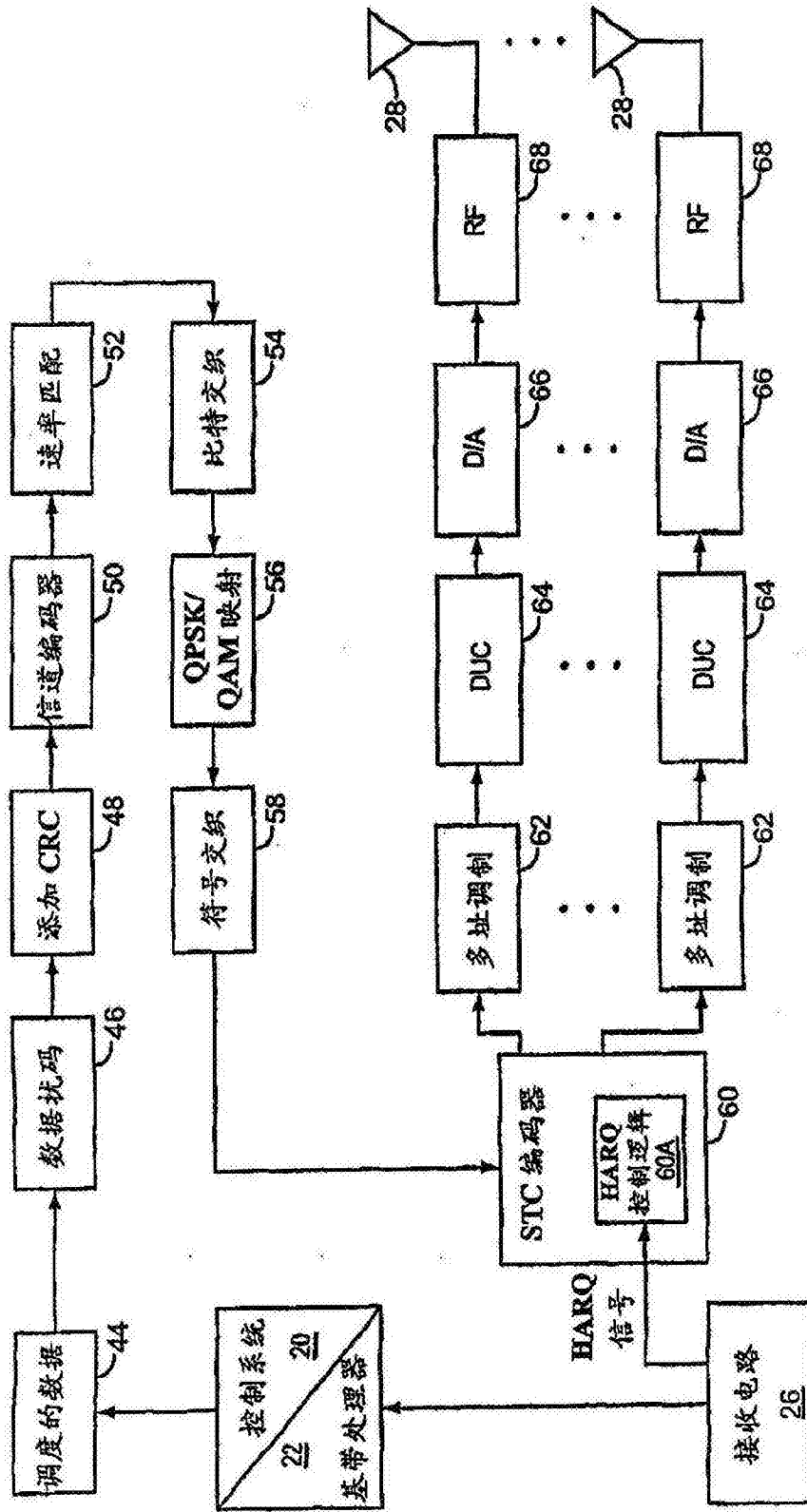


图4

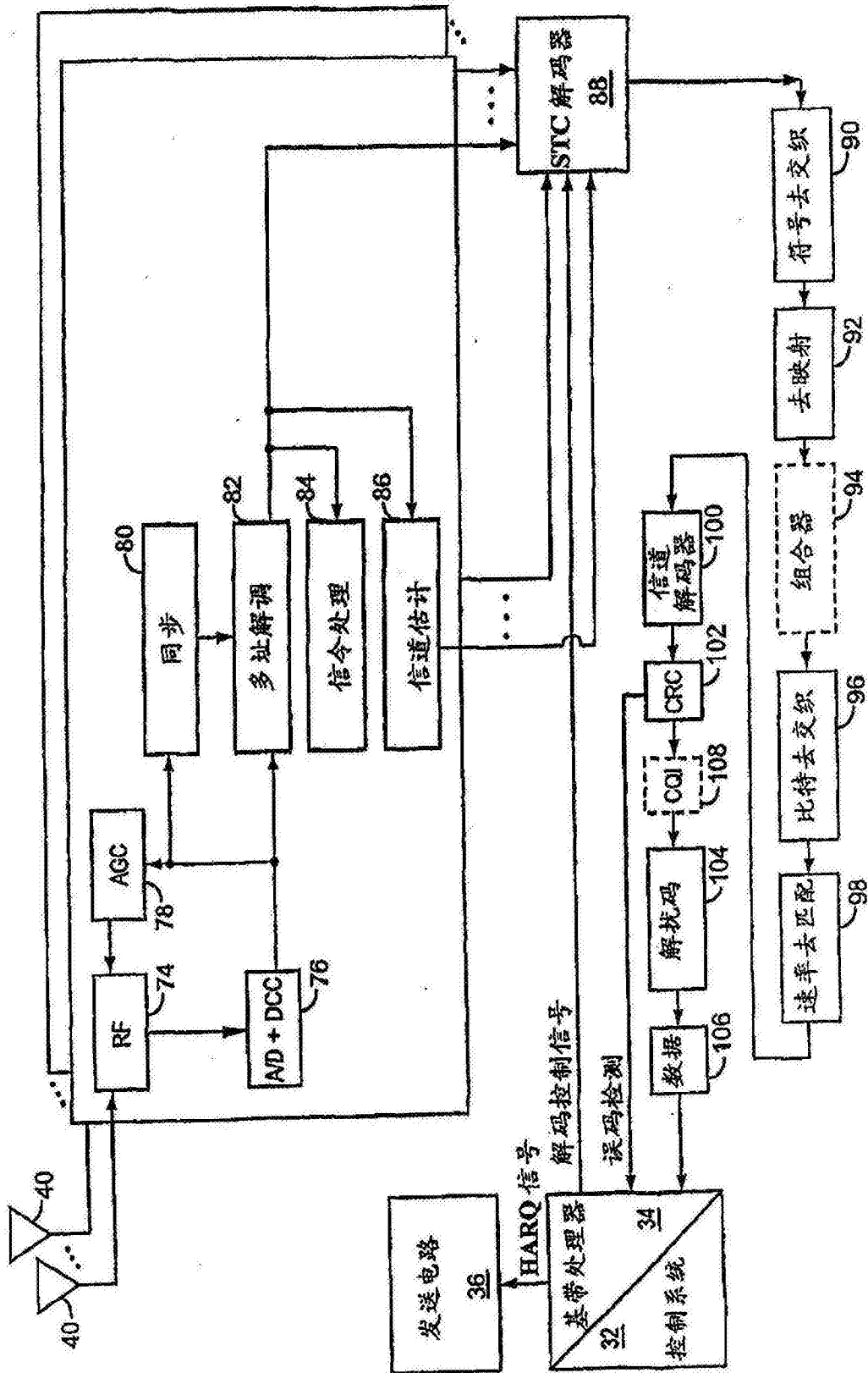


图5

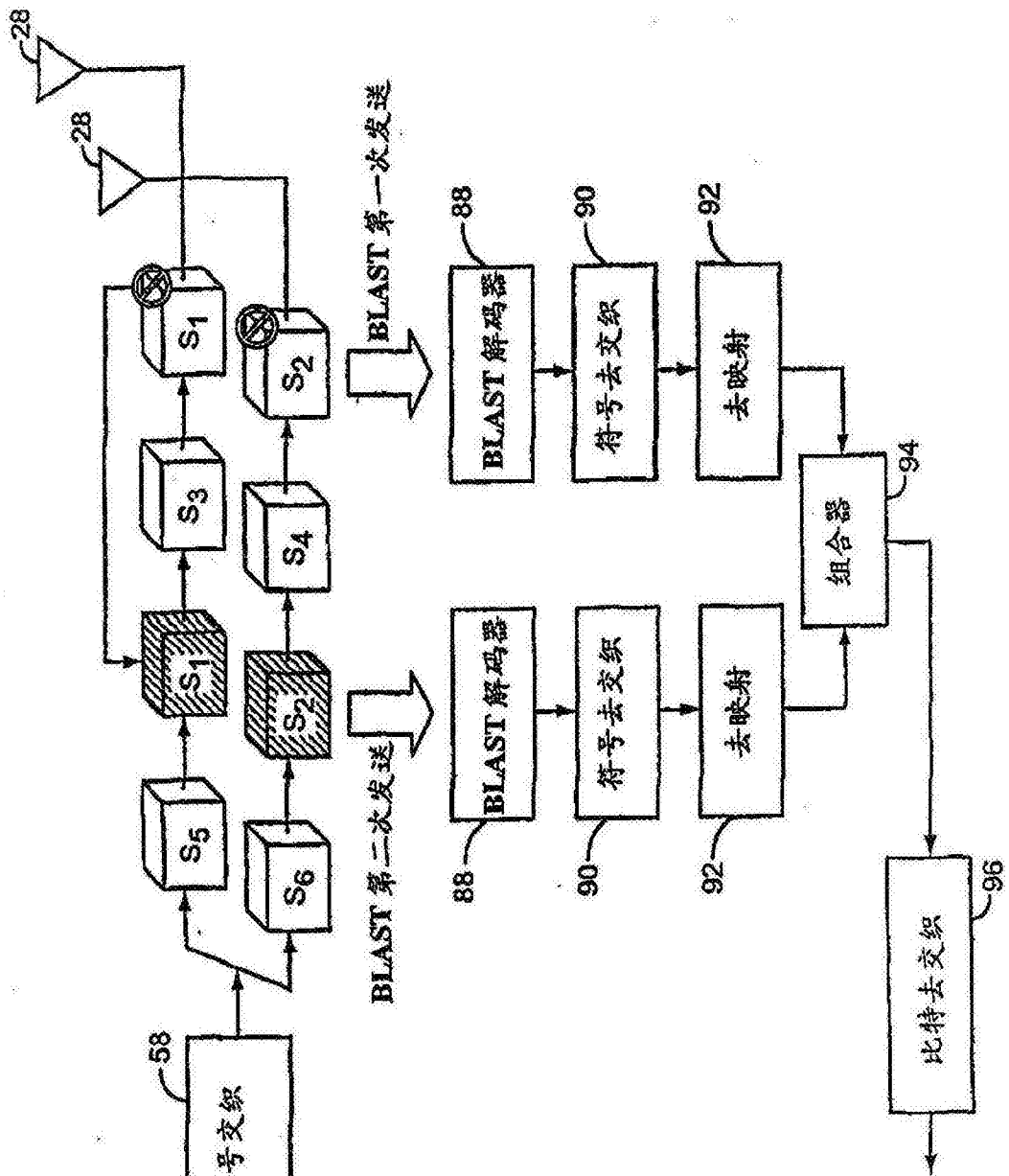


图6

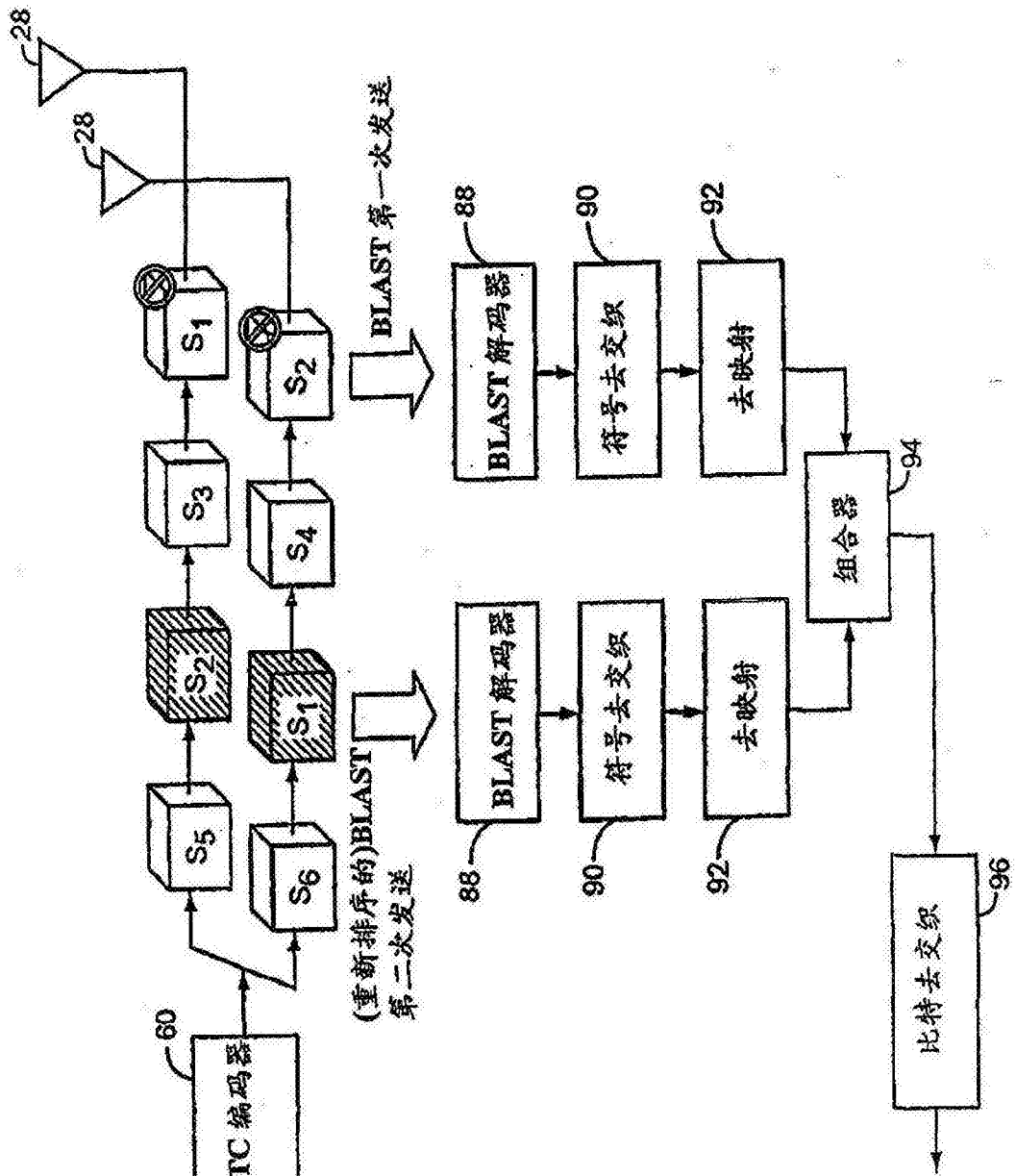


图7

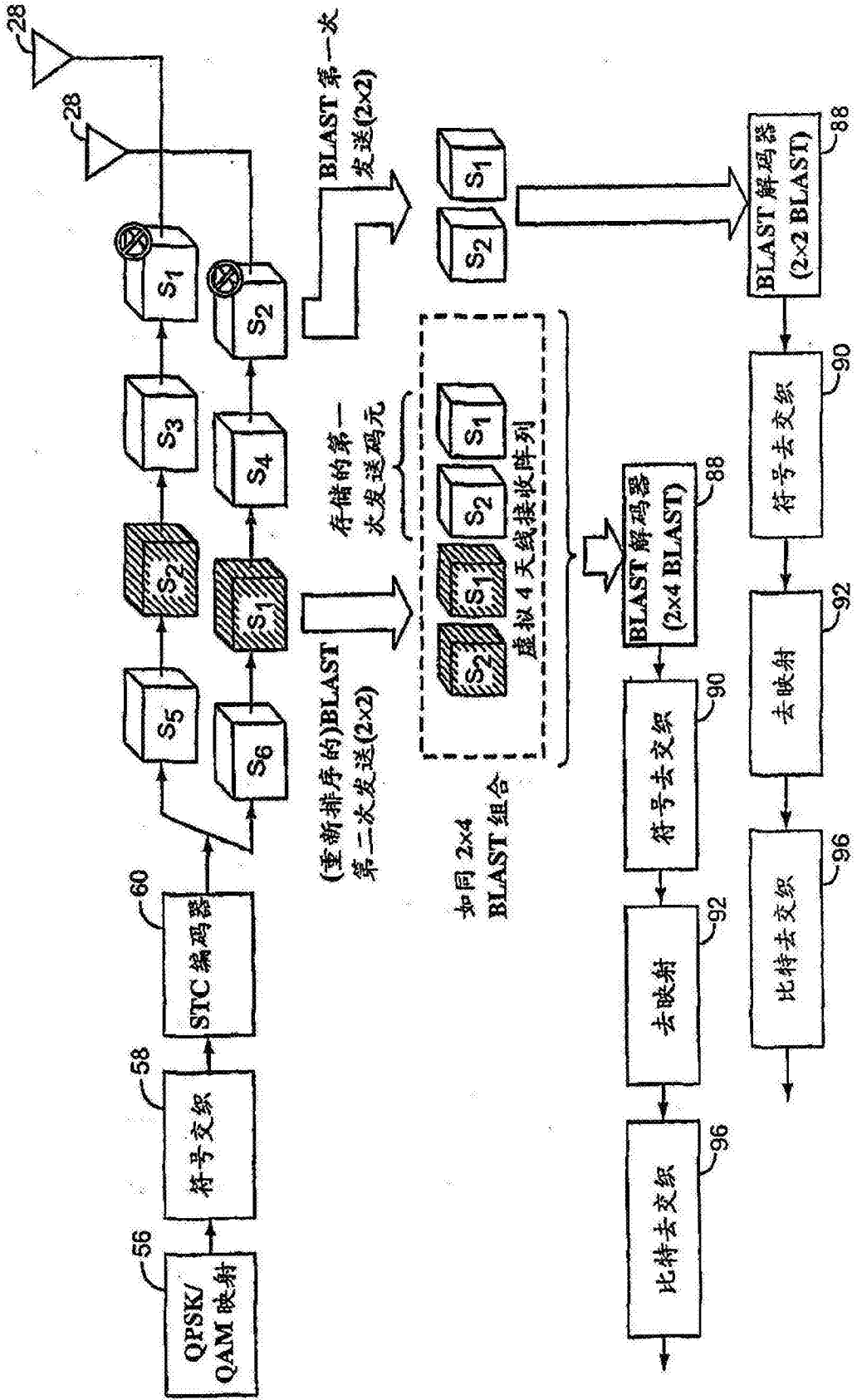


图8

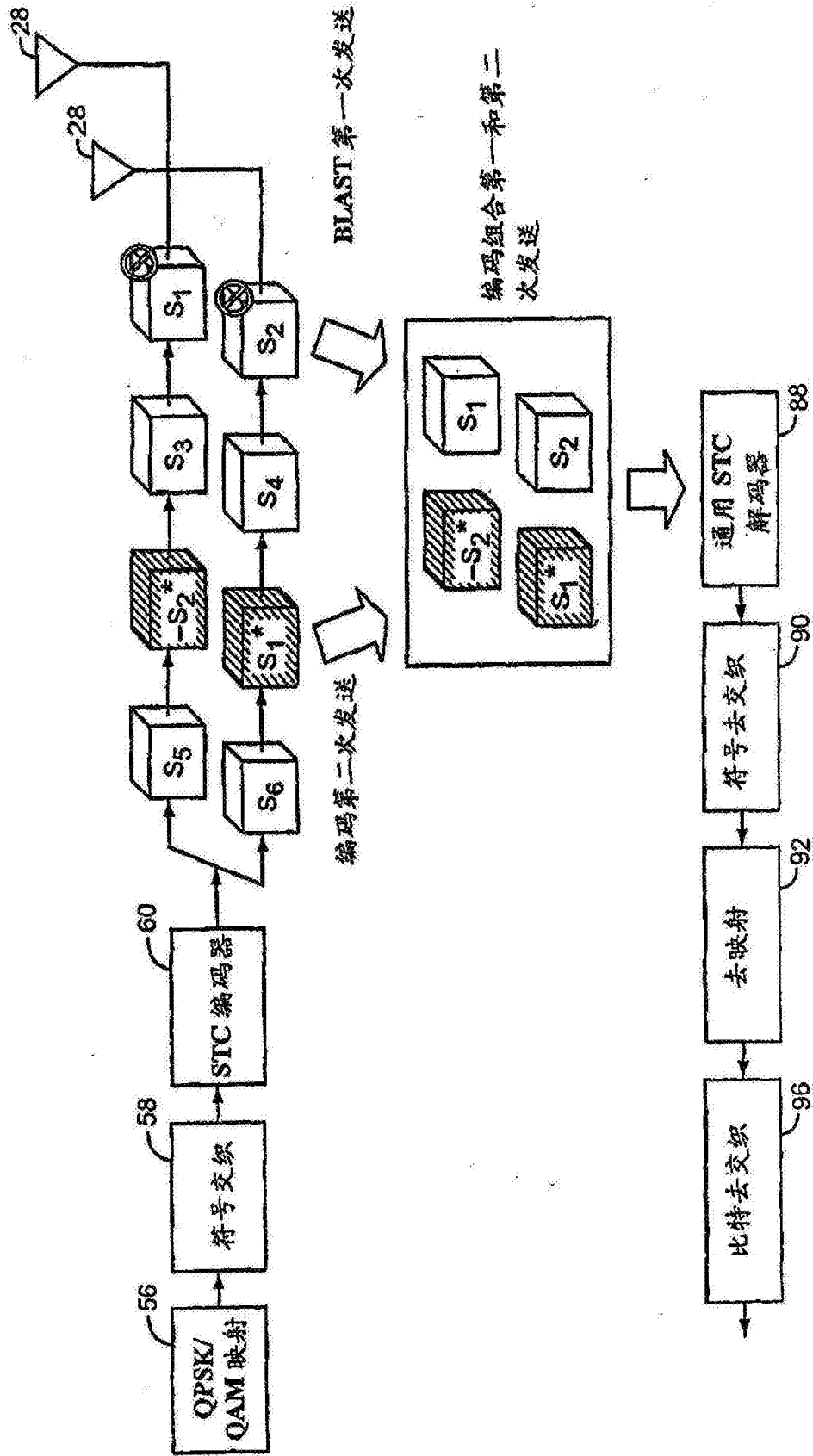


图9

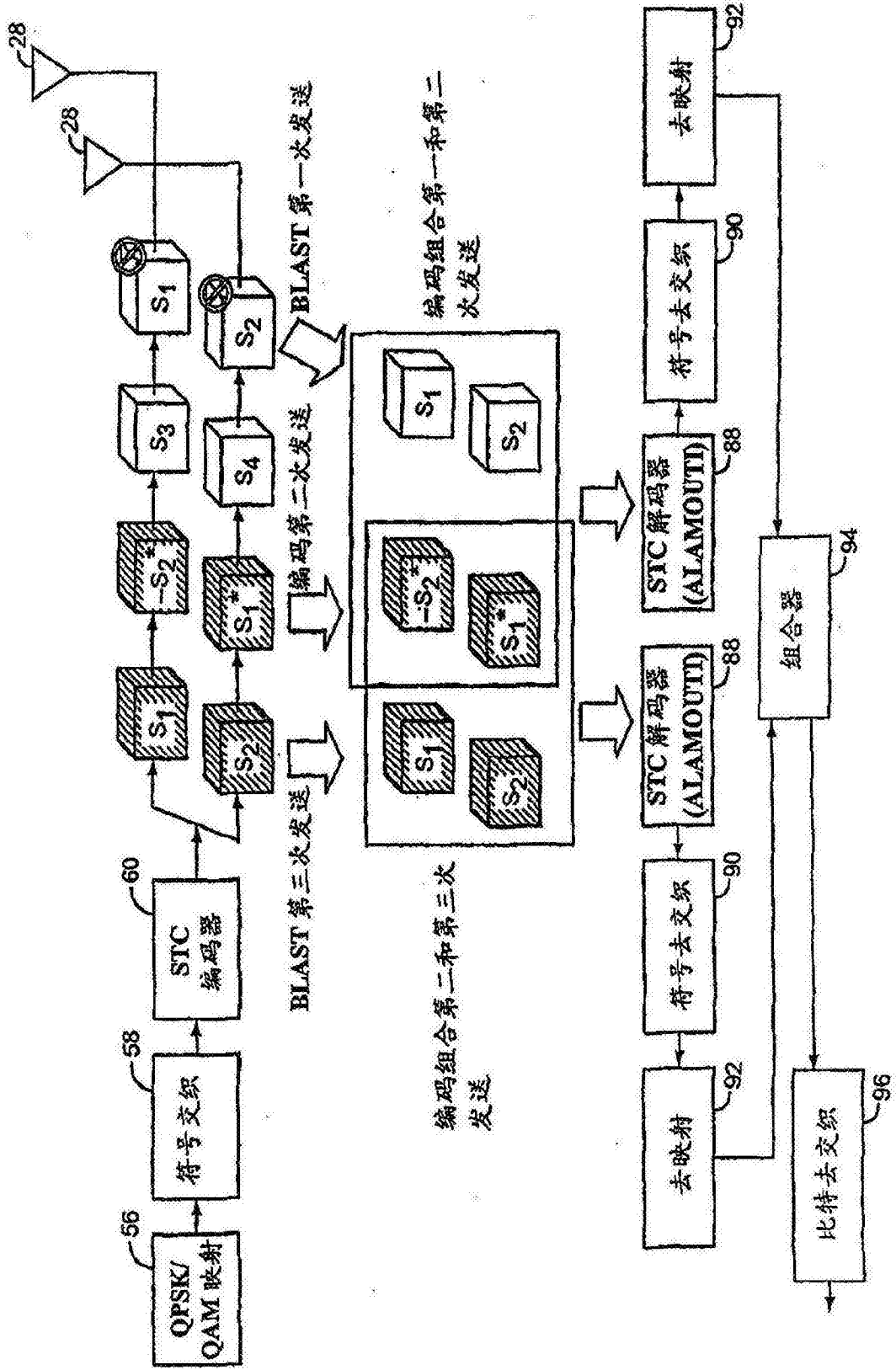


图10

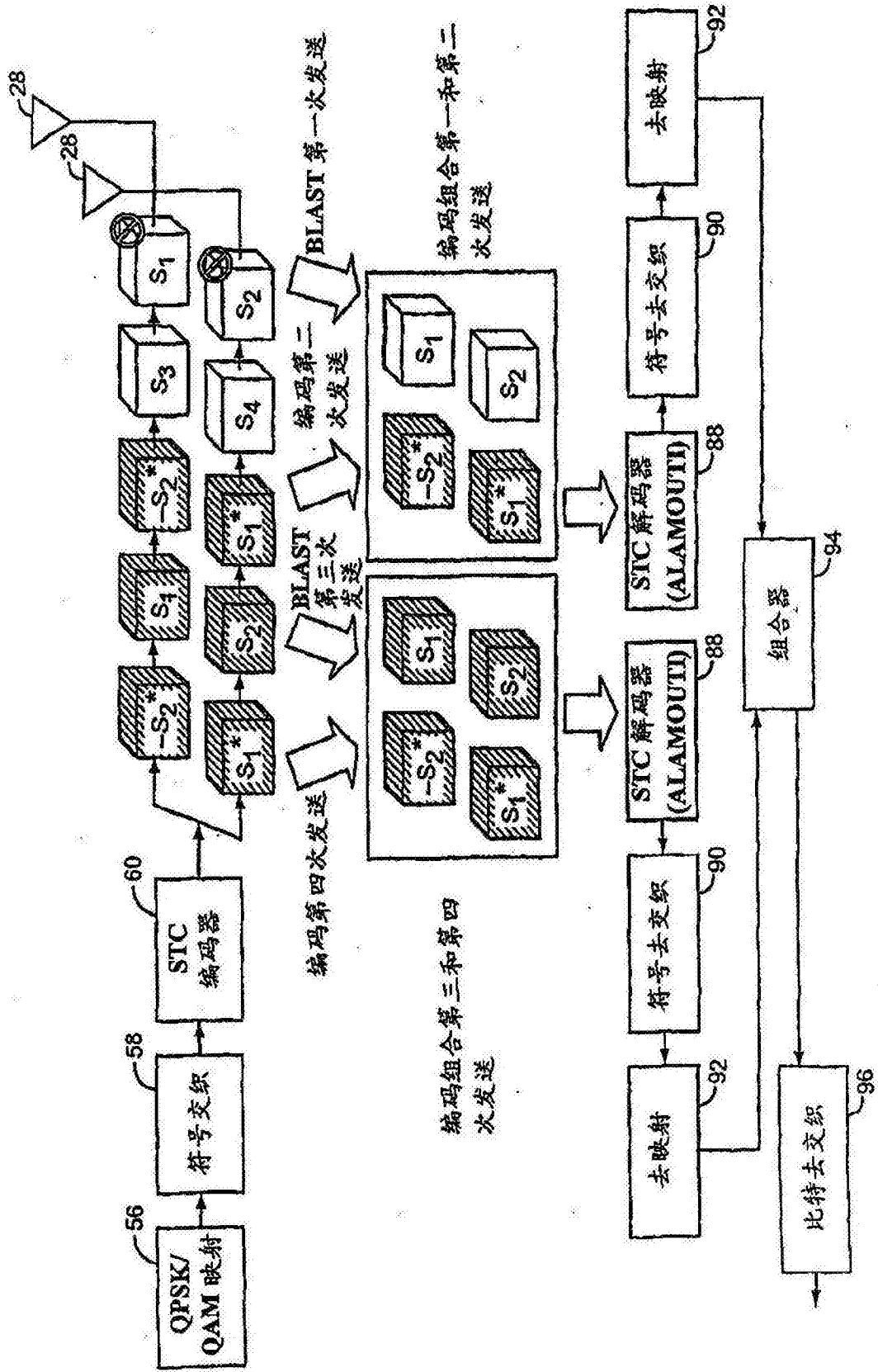


图11

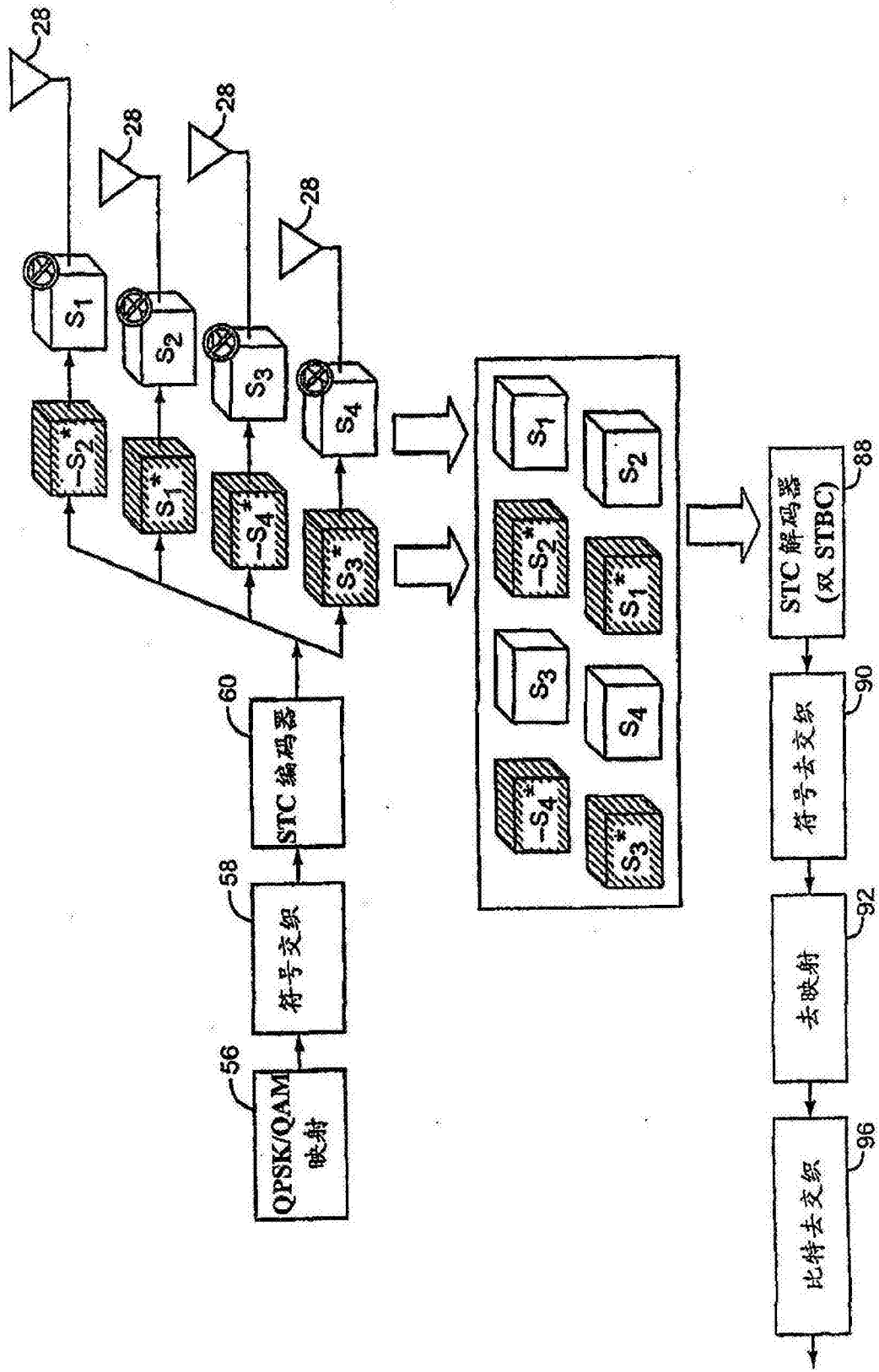


图12

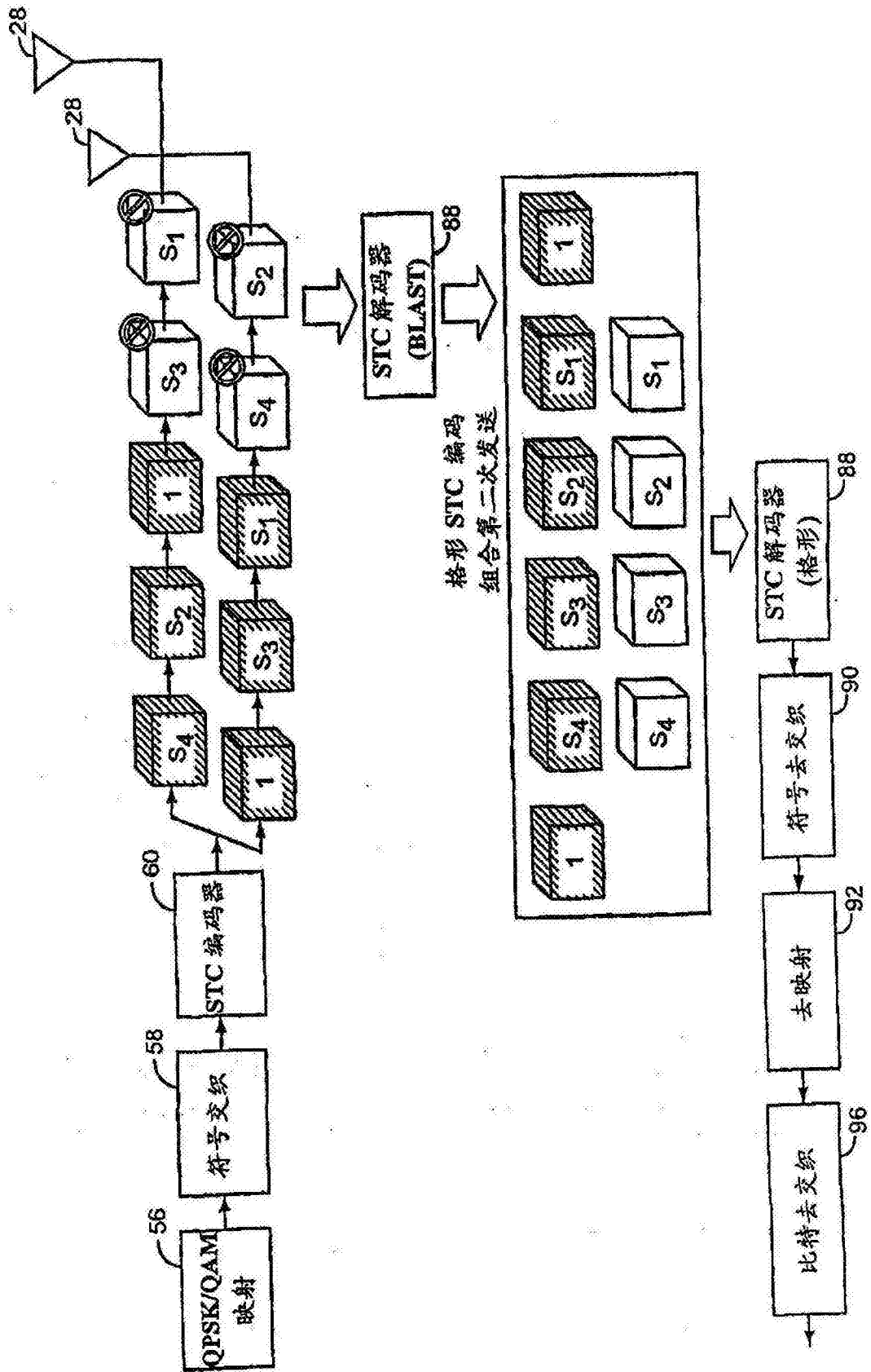


图13