



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310122727.9

[45] 授权公告日 2007 年 12 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100355231C

[22] 申请日 2003.12.19

[21] 申请号 200310122727.9

[73] 专利权人 上海贝尔阿尔卡特股份有限公司  
地址 201206 上海市浦东金桥出口加工区  
宁桥路 388 号

[72] 发明人 蔡立羽 万燕 宋鹏鹏

[56] 参考文献

- CN1355626 A 2002.6.26
- WO02/033925 A3 2002.4.25
- US2003/0095508A1 2003.5.22
- WO02/37872A2 2002.5.10

AN EFFICIENT ARQ SEHEME FOR MULTI-CARRIER MODULATIONSYSTEMS BASED ONPACKAGE COMBINING. A TARASHI H ET AL. IEICE TRANSACTIONS ONJ COMMUNICATIONS, Vol. E82. B No. 5. 1999

审查员 刘震

[74] 专利代理机构 上海市华诚律师事务所  
代理人 傅强国

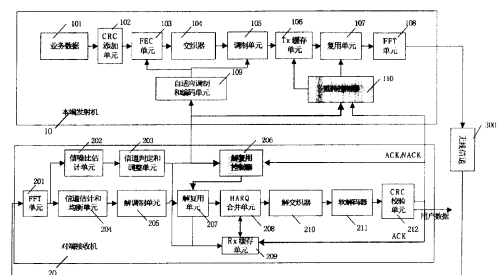
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 7 页

## [54] 发明名称

多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法

## [57] 摘要

本发明提供了一种多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法。该方法通过将各子载波的信噪比跟一个阈值进行比较，选择性地重传那些信噪比低于阈值的子载波上的数据，并且把这些数据映射到信道状况良好的子载波上进行重传，然后在对端接收机上对重传数据进行混合自动重传合并。该方法可以有效提高系统的吞吐量而不影响系统的误码率。



1. 一种多载波通信系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其特征在于，所述的方法包含以下步骤：

a、本端发射机发送数据给通信对端接收机，对端接收机接收数据、估计传输数据的各子载波的信噪比、通过对端发射机和本端接收机将各子载波的信噪比反馈给本端发射机，并且对端接收机对接收的数据进行加权、存储并供对端接收机判别；

b、对端接收机判别数据是否正确，若数据正确，对端接收机输出数据，并通过对端发射机和本端接收机传送肯定应答 ACK 指示给本端发射机，若数据不正确，则经过同样路径发送否定应答 NACK 指示给本端发射机；

c、当本端发射机获得肯定应答 ACK 指示时，本端发射机获取新数据作为发送数据，返回步骤 a；

d、当本端发射机获得否定应答 NACK 指示时，把从对端接收机反馈回来的传输数据的各子载波的信噪比跟一个阈值相比，提取信噪比低于阈值的子载波，把这些信噪比低于阈值的子载波上传输的数据，根据一定的规则重新映射到另外一些信噪比较高的子载波上，重传给对端接收机；

e、对端接收机进行接收，估计传输数据的各子载波的信噪比，并通过对端发射机和本端接收机将各子载波的信噪比反馈给本端发射机，同时，对端接收机将上一次传输过程中的各子载波的信噪比跟本端发射机中相同的阈值相比，根据步骤 d 中相同的规则，取出重传部分的数据，对重传的数据进行加权，并将加权后的数据和先前处理过的数据进行合并、存储并供对端接收机判别，返回步骤 b。

2. 如权利要求 1 所述的多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其特征在于，所述多载波系统是正交频分复用系统。

3. 如权利要求 1 所述的多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其进一步特征在于，所述步骤 a 中本端发射机将数据发送给对端接收机前，还包含对发送数据进行前向纠错 FEC 编码的步骤，同时，前向纠错 FEC 编码方式还要根据反馈的各子载波的信噪比值进行自适应调整。

4. 如权利要求 1 所述的多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其进一步特征在于，所述步骤 d 中的阈值由仿真计算获得，随 NACK 指示由对端接收机反馈给本端发射机。

5. 如权利要求 1 所述的多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其进一步特征

在于，所述步骤 a 和 e 中的估计各子载波的信噪比的步骤进一步包含，对接收到的数据进行信噪比估计后，再进行信道预测，根据对未来时刻的信道特性预测的结果，对信噪比值进行调整的步骤。

6. 如权利要求 1 所述的多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其进一步特征在于，所述步骤 a 和 e 中的数据加权是用传输数据的所有子载波的平均 SNR 对每个数据进行加权。

7. 如权利要求 1 所述的多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其进一步特征在于，所述步骤 a 和 e 中的数据加权是用传输该数据符号的子载波的 SNR 作为加权系数进行加权。

8. 如权利要求 1 所述的多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其进一步特征在于，所述步骤 d 进一步包含，没有用来映射重传数据的子载波用于传输该用户的新数据，或者在多用户复用情况下，动态分配给其他用户使用。

9. 如权利要求 1 所述的多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法，其特征在于，其中的子载波用子波段代替，且子波段的信噪比为子波段中各子载波信噪比的平均值。

10. 一种正交频分复用通信系统，包含发射机和接收机，其中，所述发射机包含发射机缓存单元和复用单元，所述接收机包含信噪比估计单元、接收机缓存单元、解复用单元、HARQ 合并单元和 CRC 校验单元，其特征在于，所述通信系统还包含：重传控制器，其与发射机缓存单元、复用单元相连；和解复用控制器，其与信噪比估计单元耦连、与 CRC 校验单元和解复用单元相连，其中，所述重传控制器用于当获得从通信对端接收机反馈的 ACK 指示时，控制发射机缓存单元获取新数据，并控制复用单元对新数据进行映射，用于传输，当获得从通信对端接收机的 NACK 指示时，将来自通信对端接收机的信噪比估计单元反馈的传输数据的各子载波的信噪比跟一个阈值相比，确定信噪比低于阈值的子载波，并控制复用单元，把信噪比低于阈值的子载波上传输的数据，根据一定的规则重新映射到另外一些信噪比较高的子载波上，进行重传；所述解复用控制器，用于当获得 CRC 校验单元输出的 ACK 指示时，控制解复用单元，把解复用后的数据送到 HARQ 合并单元，当获得 CRC 校验单元输出的 NACK 指示时，在所述接收机接收重传数据的情况下，将来自信噪比估计单元的上次传输的各子载波的信噪比跟对端发射机中的相同的阈值相比，根据与对端发射机中相同的规则，控制解复用单元，把解复用后的重传部分的数据送到 HARQ 合并单元中；所述接收机缓存单元，当获得 CRC 校验单元输出的 ACK 指示时，对保存其中的用于 HARQ 合并的先前处理过的数据进行清零；所述的 HARQ 合并单元，对经过所述解复用单元处理后的数据进行加权，并将加权

后的数据和保存在接收机缓存单元中的先前处理过的数据进行合并，然后将处理后的数据保存在接收机缓存；该处理后的数据经过 CRC 校验单元校验后，当得到 ACK 指示时，接收机输出该数据。

11. 如权利要求 10 所述的正交频分复用通讯系统，其特征在于，所述信噪比估计单元接有用于提前预测信道特性，对信噪比估计单元所得到信噪比值进行调整的信道判定和调整单元。

12. 一种正交频分复用通信系统中的发射机，包含发射机缓存单元和复用单元，其特征在于，还包含：与发射机缓存单元、复用单元相连的重传控制器，用于当收到从通信对端反馈的 ACK 指示时，控制发射机缓存单元获取新数据，并控制复用单元对数据进行映射，用于传输，当收到从通信对端接收机反馈的 NACK 指示时，将来自通信对端接收机的传输数据的各子载波的信噪比跟一个阈值相比，确定信噪比低于阈值的子载波，并控制复用单元，把信噪比低于阈值的那些子载波上传输的数据按照一定的规则映射到另外一些信噪比较高的子载波上，进行重传。

13. 一种正交频分复用通信系统中的接收机，其中包含：信噪比估计单元、接收机缓存单元、解复用单元、HARQ 合并单元和 CRC 校验单元，其特征在于，还包含：与信噪比估计单元耦连、与解复用单元和 CRC 校验单元相连的解复用控制器，用于当获得 CRC 校验单元输出的 ACK 指示时，控制解复用单元，把解复用后的数据送到 HARQ 合并单元，当获得 CRC 校验单元输出的 NACK 指示时，在所述接收机接收重传数据的情况下，将来自信噪比估计单元的上次传输的各子载波的信噪比跟对端发射机中的相同的阈值相比，根据与对端发射机中相同的规则，控制解复用单元，把解复用后的重传部分的数据送到 HARQ 合并单元中；所述接收机缓存单元，当获得 CRC 校验单元输出的 ACK 指示时，对保存在其中用于 HARQ 合并的先前处理过的数据进行清零；所述的 HARQ 合并单元，对经过所述解复用单元处理后的数据进行加权，将加权后的数据和保存在接收机缓存单元中的先前处理过的数据进行合并，然后将处理后的数据保存在接收机缓存单元中；同时，该处理数据经 CRC 校验单元校验后，当得到 ACK 指示时，接收机输出该数据。

14. 如权利要求 13 所述的正交频分复用通信系统中的接收机，其特征在于，所述信噪比估计单元接有用于提前预测信道特性，对信噪比估计单元所得到信噪比值进行调整的信道判定和调整单元。

## 多载波系统中具有混合自动重传请求的数据传输方法

### 技术领域

本发明涉及移动通信系统，尤其涉及一种多载波系统中的数据传输方法。

### 背景技术

在现代数字通信系统中，为了保证各种信息在信道中可靠、有效地传输，往往要采用差错控制编码技术。数字通信中差错控制方法基本分为 2 类，即自动重传请求（Automatic Repeat Request，简记为 ARQ）系统和前向纠错（Forward Error Correction，简记为 FEC）系统。

FEC 通信系统的优点是只需要一个单向信道，而且系统的传输效率高。然而 FEC 也有一些缺点：当译码错误时，错误的信息也送给用户，所以 FEC 通信系统的可靠性并不高；要获得高的系统可靠性，必须使用长码和选用纠错能力强的码组，这使得译码电路复杂化，造价提高。

ARQ 通信系统比起 FEC 通信系统来，设备简单，可靠性高，但它必须设置一个反向信道，并且当信道变坏（差错率太大）时，系统由于经常处于请求状态而使传输效率非常低。

鉴于 FEC 与 ARQ 系统的各自优缺点，适当地把它们结合起来，就构成混合（Hybrid）ARQ 通信系统。混合 ARQ 通信系统是将 ARQ 机制与 FEC 结合起来，增加了系统的可靠性又提高了系统的传输效率。在现有的由蔡斯合并（Chase combining）实现的混合 ARQ 的方案中，根据 CRC 校验的结果，肯定应答（ACK）/否定应答（NACK）指示将从通信对端的接收机反馈到本端的发射机来决定是否需要进行重传。如果需要重传，以前传输的整个数据包都需要重新发送。在接收机中，重新传输的数据包根据相应的传输间隔的信噪比进行加权，重新合并在一起。然后，合并后的数据包被软输入到信道的解码器进行信道解码。上述就是著名的实现混合 ARQ 的蔡斯合并（Chase combining）的方法，它能够有效地提高链路的性能。

但是，用蔡斯合并的方法，系统的总处理能力并没有得到很好的优化，因为在每次重传的过程中，整个数据包都被反复的传输。其实这是没有必要的，因为传输信号在移动环境中经受不同的信道衰落。数据包中的部分信号将以高信噪比进行传输，而另一些则以低信噪

比进行传输，由于误码率总是由衰减比较严重的信号所决定，实际上只有那些经历信道状况比较差的信号需要重新传输。如果这样的话，系统的整体效率就可以提高。

### 发明内容

有鉴于此，本发明的一个目的就在于提供一种能够更有效地进行数据重传的数据传输方法。本发明的基本思想就是要通过只选择那些信道状况比较差的信号进行重传以减少重传的数据量。该方法可以有效提高系统的总吞吐量而不影响系统的误码率。但是，这样的思想在单载波（single carrier）的传输系统中不太容易实现，因为要在单载波系统中把每个传输信号所对应的信道状况信息提取出来比较困难。在多载波（multi-carrier）系统，如正交频分复用（OFDM）系统中，由于数据符号（data symbol）被调制到 OFDM 的子载波中，每个子载波的信噪比（SNR）都可以测量，而且它的值代表了数据在该子载波中传输时的信道质量，因此比较容易实现这种思想。

本发明方法包含以下步骤：

a、本端发射机发送数据给通信对端接收机，对端接收机接收数据、估计传输数据的各子载波的信噪比、通过对端发射机和本端接收机将各子载波的信噪比反馈给发射机，并且对端接收机对接收的数据进行加权、存储并供对端接收机判别；

b、对端接收机判别数据是否正确，若数据正确，对端接收机输出数据，并通过对端发射机和本端接收机传送肯定应答（ACK）指示给本端发射机，若数据不正确，则经过同样路径发送否定应答（NACK）指示给本端发射机；

c、当本端发射机收到肯定应答（ACK）指示时，本端发射机获取新数据作为发送数据，返回步骤 a；

d、当本端发射机获得否定应答（NACK）指示时，把从对端接收机反馈回来的传输数据的各子载波的信噪比跟一个阈值相比，提取信噪比低于阈值的子载波，把这些信噪比低于阈值的子载波上传输的数据，根据一定的规则重新映射到另外一些信噪比较高的子载波上，重传给对端的接收机；

e、对端接收机进行接收，估计传输数据的各子载波的信噪比，并通过对端发射机和本端接收机将各子载波的信噪比反馈给本端发射机，同时，对端接收机将上一次传输过程中的各子载波的信噪比跟本端发射机中的相同的阈值相比，根据步骤 d 中相同的规则，取出重传部分的数据，对重传的数据进行加权，并将加权后的数据和先前处理过的数据进行合并，返回

步骤 b。

其中，步骤 a 中本端发射机将数据发送给对端接收机前，还包含对发送数据进行前向纠错（FEC）编码的步骤，同时，前向纠错（FEC）编码方式还要根据反馈的各子载波的信噪比值进行自适应调整。

其中，步骤 d 中的信噪比的阈值由仿真计算获得，并可以随 NACK 指示由对端接收机反馈给本端发射机。

步骤 a 和 e 中的估计各子载波的信噪比的步骤还可以包含对接收到的数据进行信噪比估计后，再进行信道预测，根据对未来时刻的信道特性预测的结果，对信噪比值进行调整的步骤。

其中，在步骤 d 中，没有用来映射重传数据的子载波用于传输该用户的新数据，或者在多用户复用的情况下，动态分配给其他用户使用。

本发明方法中的子载波也可以用子波段（sub-band）代替，且子波段的信噪比为子波段中各子载波信噪比的平均值。

本发明还提供了一种正交频分复用通信系统，包含发射机和接收机，其中，发射机包含发射机缓存单元和复用单元，接收机包含信噪比估计单元、接收机缓存单元、解复用单元、HARQ 合并单元和 CRC 校验单元。通信系统还包含：重传控制器，其与发射机缓存单元、复用单元相连和解复用控制器，其与信噪比估计单元耦连、与解复用单元和 CRC 校验单元相连，其中，重传控制器用于当获得从通信对端接收机反馈的 ACK 指示时，控制发射机缓存单元获取新数据，并控制复用单元对新数据进行映射，用于传输；当收到从通信对端接收机反馈的 NACK 指示时，将从通信对端接收机的信噪比估计单元反馈的传输数据的各子载波的信噪比跟一个阈值相比，确定信噪比低于阈值的子载波，并控制复用单元，根据一定的规则，把信噪比低于阈值的子载波上传输的数据映射到另外一些信噪比较高的子载波上，进行重传。解复用控制器，用于当获得 CRC 校验单元输出的 ACK 指示时，控制解复用单元，把解复用后的数据送到 HARQ 合并单元；当获得 CRC 校验单元输出的 NACK 指示时，在所述接收机接收重传数据的情况下，将来自信噪比估计单元的上次传输的各子载波的信噪比跟对端发射机中的相同的阈值相比，根据与对端发射机中相同的规则，控制解复用单元，把解复用后的重传部分的数据送到 HARQ 合并单元中。接收机缓存，当获得 CRC 校验单元输出的 ACK 指示时，对保存其中的用于 HARQ 合并的先前处理过的数据进行清零。HARQ 合并单元，对经过所述解复用单元处理后的数据进行加权，并将加权后的数据和保存在接收机缓存单元中的先前处理

过的数据进行合并，然后将处理后的数据保存在接收机缓存；该处理后的数据经过 CRC 校验单元校验后，当得到 ACK 指示时，接收机输出该数据。

现将本发明的优点总结如下：

1) 本发明方案在没有牺牲误码率性能的情况下减少重传数据的数量。所节省的资源可以用来传输新的用户数据或在 OFDMA 系统中可以用来传输其他用户的数据。这样的方案比现有技术，会明显提高系统吞吐量。

2) 本方案不会增加空中接口的开销。本方案所需要的有用信息是信道的 SNR 反馈。这种信息不是本方案需要特别添加的，这种信息在自适应调制和编码中也是需要的。所以本方案不会给空中接口带来附加的开销。只需将 SNR 阈值从接收机反馈到发射机中，信令的开销几乎可以忽略。

3) 合并中的复杂性将会降低，因为只有部分数据需要加权，而不是所有的数据。加和乘计算的次数会减少。

4) 由于重传的数据总是会由重传控制器映射到信道条件好的子载波中，重传的次数也会减少。

### 附图说明

图 1 为在一个 OFDM 系统中实施本发明的具有混合自动重传请求的数据传输方法的发射机、接收机的结构示意图；

图 2 为本发明实施例中重传数据的选择和映射的示意图；

图 3 为显示现有技术中 HARQ 合并单元采用的的蔡斯合并方法的示意图；

图 4 为显示本发明中的 HARQ 合并单元采用的经改进的合并方法的示意图；

图 5 为显示 SNR 阈值的选择方法的示意图；

图 6 为实现本发明的方法流程图

图 7 为显示实现本发明的通信系统的结构示意图；

图 8 为显示本发明方案和现有技术的具有混合自动重传请求的正交频分复用系统的信噪比—误码率比较曲线图；

图 9 为显示本发明方案和现有技术的具有混合自动重传请求的正交频分复用系统的信噪比—系统吞吐量的比较曲线图；

图 10 为显示本发明方案所节省的资源的曲线图。

## 具体实施方式

现结合附图和实施例对本发明作进一步的描述。

图1为在一个OFDM系统中实施本发明的具有混合自动重传请求(HARQ)的数据传输方法的有关接收、发射机的结构示意图。在该实施例中,取正交频分复用(OFDM)系统作为多载波系统。图1中仅示出OFDM系统中的本端发射机10和通信对端的接收机20。整个系统采用自适应调制和编码、HARQ来提高链路性能。HARQ的方案采用本发明提出的改进的蔡斯合并(chase combining)算法。根据CRC校验的结果,肯定应答(ACK)或否定应答(NACK)指示将通过对端发射机(图中未示出)和本端接收机(图中未示出)反馈到本端发射机10来决定是否需要进行重传。

在该OFDM系统中,数据符号被调制到OFDM的子载波中,这样的话,每个子载波的信噪比(SNR)都可以测量,而且它的值代表了数据在那个子载波中传输时的信道质量。由于OFDM系统的这种特性,根据子载波中SNR的测量结果,自适应调制和编码可以非常容易地在子载波或子波段中实现。本方案利用OFDM子载波中SNR的测量结果来选择性的传输那些衰减严重的的数据,并且在需要重传的情况下重新传输它们,以减少重传输的数据量,提高系统的吞吐量。

如图1所示,本端发射机10把数据经过一系列处理后,从本端发射机10的发射单元(图中未示出)通过无线信道300,发送给对端接收机20。对端接收机20对接收到的数据进行一系列处理后,由对端接收机20的CRC校验单元212判别数据是否正确。

当CRC校验单元212判别后得出接收机20接收到的数据正确,那么它就将用户数据输出,并通过该对端发射机(图中未示出)和本端接收机(图中未示出)发一个ACK指示给发射机10的重传控制器110。重传控制器110收到肯定应答(ACK)指示时,就让发射机(Tx)缓存单元106获取调制单元105输出的以数据包为单位的用户数据。在这之前,本端发射机10还要对数据进行一系列处理:首先,本端发射机10的循环冗余校验(CRC)添加单元102对业务数据101进行CRC添加;接着,将经过CRC添加后的数据送到前向纠错(FEC)单元103,进行纠错编码,再经过交织(Interleaver)器104和调制单元105的处理;同时,在上述一系列处理的过程中,自适应调制和编码单元109会根据对端接收机20的信噪比估计单元202通过对端发射机(图中未示出)和本端接收机(图中未示出)反馈回来的信道状况,改变前向纠错单元103的编码方式和调制单元105的调制阶数,以根据信道的状况来采用合

适的编码方式和调制阶数，进行自适应调制和编码。然后，发射机缓存单元 106 获得用户数据后，将保存后的用户数据传送到复用单元 107 中进行 OFDM 复用映射。复用单元 107 再将经过复用映射的数据送到 IFFT 单元 108，最后，IFFT 单元 108 将数据从本端发射机 10 的发射单元（图中未示出）发送到无线信道（Channel）300 中供对端接收机 20 接收。

在对端接收机 20 中，如果 CRC 校验单元 212 判别后得出接收机 20 接收到的数据正确，ACK 指示也会反馈给解复用控制器 206 和 Rx 缓存单元 209。当收到 ACK 指示，接收机缓存单元 209 对存入其中的用于 HARQ 合并的那部分缓存中的数据进行清零，解复用控制器 206 控制解复用单元 207 把经过解复用的数据输入到 HARQ 合并单元 208 中。在这之前，对端接收机 20 对从无线信道 300 中通过对端接收机 20 的接收单元（图中未示出）接收的数据还要进行一系列处理：首先，数据经过 FFT 单元 201 后，分别送到信道估计和均衡单元 204 和信噪比估计单元 202 中；信道估计和均衡单元 204 将经过处理后的数据输入到解调制单元 205 进行解调后，再输入解复用单元 207；信噪比估计单元 202 根据输入的数据估计各个子载波的信噪比，把结果通过该对端发射机（图中未示出）和本端接收机（图中未示出）分别传输到本端发射机 10 的自适应调制和编码单元 109 和重传控制器 110；还传输给对端接收机 20 的解复用控制器 206 和接收机（Rx）缓存单元 209。然后，解复用控制器 206 将接收到各子载波的信噪比值存入自带的缓存中（图中未示出）。HARQ 合并单元 208 把解复用得到的数据用从接收机缓存单元 209 中得到的各子载波在传输过程中的信噪比的平均值进行加权，并与接收机缓存单元 209 中用于 HARQ 合并的那部分数据进行合并，然后在接收机缓存单元 209 中保存加权合并处理过的数据。由于此时接收机缓存 209 中用于 HARQ 合并的那部分数据在 ACK 的指示作用下已清零，紧接 ACK 指示接收到的用户数据实际上是与 0 合并。因此，紧接 ACK 指示接收的用户数据在 HARQ 合并单元 208 内也可不作合并动作。HARQ 合并单元 208 的这一动作也可以通过对其施加 ACK 指示来控制。经过 HARQ 合并单元 208 处理后的数据，再依次经过解交织器 210，软解码器 211。由软解码器 211 把经过软解码后的数据输出到 CRC 校验单元 212 中，由 CRC 校验单元 212 来判别经过软解码后的数据是否正确，如果正确，得到肯定应答（ACK）指示，如果错误，得到否定应答（NACK）指示，再根据校验结果进行相应操作。

当 CRC 校验单元 212 判别后得出接收机 20 接收到的数据错误，它就通过该对端发射机（图中未示出）和本端接收机（图中未示出）发一个 NACK 指示给发射机 10 的重传控制器 110。当重传控制器 110 获得 NACK 指示后，就根据从对端接收机 20 的信噪比估计单元

202 传送到重传控制器 110 中的传输过程中各个子载波的信噪比, 把每个子载波的信噪比 (SNR) 和一个阈值 (SNR\_Threshold) 相比较, 提取出信噪比小于阈值的各子载波的下标 (index of subcarrier)。从发射机缓存单元 106 中把上次传输过程中映射在这些子载波的数据读出, 作为要重传的数据。同时, 根据信噪比估计单元 202 反馈的各个子载波的信噪比信息把这些子载波进行分类, 选择那些信道状况良好的子载波, 用这些子载波来传输要重传的数据。在重传控制器 110 的控制下, 复用单元 107 把这些需要重传的数据映射到信道状况好的子载波上。剩余的子载波可以用来传输新的用户数据或者在 OFDMA (正交频分复用多址方式) 的系统中, 可以动态地分配给其他用户使用。经过复用单元 107 处理后的数据包, 再经过 IFFT 单元 108, 从发射机 10 的发射单元 (图中未标出) 发送到无线信道 300 供对端接收机 20 接收。

在对端接收机 20 中, 如果 CRC 校验单元 212 判别后得出接收机 20 接收到的数据错误, NACK 指示也会反馈给解复用控制器 206。解复用控制器 206 把存在它的缓存中的上次传输中各子载波的信噪比跟与本端发射机 10 中的同样的阈值 (SNR\_Threshold) 比较, 根据与本端接收机 10 中相同的规则, 判定哪些子载波上的数据是重传的数据。然后由解复用控制器 206 控制解复用单元 207, 把解复用后的重传部分的数据送到 HARQ 合并单元 208, 把不是重传部分的数据存入接收机缓存单元 209。在这之前, 对端接收机 20 对从无线信道 300 中通过对端接收机 20 的接收单元 (图中未示出) 接收的数据还要进行一系列处理: 数据经过 FFT 单元 201 后, 送到信噪比估计单元 202 和信道估计和均衡单元 204; 信噪比估计单元 202 根据输入的数据估计各个子载波的信噪比, 把结果通过该对端发射机 (图中未示出) 和本端接收机 (图中未示出) 分别传输到发射机 10 的自适应调制和编码单元 109 和重传控制器 110, 还传输给对端接收机 20 的解复用控制器 206 和接收机缓存单元 209; 信道估计和均衡单元 204 将处理后的数据经过解调制单元 205 解调后, 送到解复用单元 207。然后, HARQ 合并单元 208 从接收机缓存单元 209 中读取这次传输的各子载波的信噪比, 用这次传输的各子载波的信噪比对解复用后的重传数据进行加权, 再跟存在接收机缓存单元 209 中的先前处理过的相应数据进行合并, 并且将合并后的数据再存入接收机缓存单元 209 中。HARQ 合并单元 208 将处理后的数据再输入到解交织器 210, 软解码器 211 中, 经过软解码后的数据进行 CRC 校验, 又得到 ACK 指示或 NACK 指示, 再根据 CRC 校验的结果进行相应操作。

通常在手机与基站通信的情况下, 由于信道特性是由手机反馈给基站的, 因此存在着一定的时延, 当信道变化很快时, 基站收到的信道特性反馈信息可能已经不能代表当前实际

的信道特性。为了增加对衰落信道的 SNR 估计方法的适应性，补偿反馈延迟，可以在本发明方案中对端接收机的信噪比估计单元 202 后增加一个信道预测和调整单元 203，用这个模块来提前预测出信道特性，对信噪比估计单元 202 所得的信噪比的值进行调整，然后将调整后的各载波的信噪比分别输入到发射机 10 的自适应调制和编码单元 109 和重传控制器 108 以及对端接收机 20 的解复用控制器 206 和接收机缓存 209 中，进行后续操作，这样可以获得更好的性能。如果添加这个单元，在高速移动的环境下系统的性能可能会有进一步提高。

下面再结合图 2、图 3、图 4 详细说明实施本发明方法的发射、接收机的主要模块的作用。假定对端接收机 20 收到一个第  $i$  次传输的数据，由 5 个 OFDM 数据符号构成的数据包，这些 OFDM 数据符号用 12 个子载波来进行 OFDM 调制。假定这个数据包在经过图 1 所示对端接收机 20 的一系列处理后经 CRC 校验，判定数据错误。CRC 校验单元 212 就发 NACK 指示给本端发射机 10 的重传控制器 110。图 2 为本发明实施例中重传数据的选择和映射的示意图。接收到的数据包可以表示在时间—频率的平面上，如图 2(b)所示。接收这些数据的过程中，信噪比估计单元 202 测量到的这些子载波的信噪比分布如图 2(a)所示。

重传控制器 110 把每个子载波的信噪比都跟一个阈值 SNR\_Threshold 相比较。在这个例子中，由图 2 可以看出第 4, 8, 9, 11, 12 子载波的衰减较高，导致比阈值低的信噪比。在这些子载波中传输的数据可以被认为是导致这个传输包 CRC 校验错误的主要原因。因此，只有这部分数据，而不是整个包的数据需要重传。重传控制器 110 还要选取信道状况好的子载波来重传这些数据，然后在复用单元 107 中进行映射操作。比如说，在这个例子，如图 2(a)所示，SNR 最高的子载波依次为第 6、7、2、5、3 子载波。所以，重传数据可以映射到这些子载波中进行重传。根据一定的映射规则，在本实施例中，采用根据子载波序列号按从小到大正序依次映射，即如图 2(c)所示，第 4, 8, 9, 11, 12 子载波上的数据分别映射到第 2, 3, 5, 6, 7 子载波上，还可以采用如逆序或任意选定的排列等其他规则。其他的子载波将用于传输新的用户数据，或在 OFDMA（正交频分复用多址方式）系统中，用于其他用户的数据传输。图 2(c)中阴影部分表示用于重传的子载波上的数据，非阴影部分表示非重传的子载波上的数据。

对端接收机 20 收到第  $i+1$  次传输的重传数据包后，经过如图 1 所示的一系列处理后，输入到解复用单元 207 中。解复用控制器 206 把第  $i$  次传输的各个子载波的信噪比跟本端发射机 10 中的同一个阈值 SNR\_Threshold 相比较，并根据和本端发射机 10 中相同的映射规则，判定哪些子载波上的数据是重传的数据。在这个例子中，就是第 2, 3, 5, 6, 7 子载波上的

数据分别是重传原来第 4, 8, 9, 11, 12 子载波上的数据, 其他子载波上的数据为非重传的数据。然后把这些数据在解复用单元 207 中进行解复用后, 把重传部分的数据, 即第 2, 3, 5, 6, 7 子载波上的数据, 在 HARQ 合并单元 208 中用第  $i+1$  次传输的 SNR 进行加权, 并与存在接收机缓存单元 209 中的先前第  $i$  次传输后处理过的数据进行合并, 第  $i+1$  次传输中非重传部分存入接收机缓存单元 209 中。

图 3 为显示现有技术中 HARQ 合并单元采用的蔡斯合并方法的示意图, 其中,  $1, 2, 3, \dots, N$  表示数据,  $SNR(k)$  是第  $k$  ( $k=1, 2, \dots, i$ ) 次传输的各子载波的 SNR 的平均值, 数据包的数据首先由它的传输间隔的  $SNR(k)$  ( $k=1, 2, \dots, i$ ) 进行加权, 然后和存在接收机缓存单元 209 中的先前处理过的对应数据进行合并, 并将处理后的数据再存在接收机缓存单元 209 中。图 4 为显示本发明的 HARQ 合并单元采用的经改进的合并方法的示意图, 其中,  $1, 2, 3, \dots, N$  表示数据, 在第  $2 \dots i$  次传输的数据中, 阴影部分表示重传的数据。重传的数据仅是首次传输数据的一部分, 第  $k$  次传输的加权系数  $SNR(k)$  是第  $k$  ( $k=1, 2, \dots, i$ ) 次传输的重传数据的子载波的 SNR 的平均值。数据包的数据由  $SNR(k)$  加权后, 再和存在接收机缓存单元 209 中的先前处理过的数据进行合并, 并将处理后的数据存在接收机缓存单元 209 中。设定第  $k$  次传输的输入到 HARQ 合并单元 208 的重传数据为  $S(k)$ 。第一次传输,  $k=1$ ,  $S(1)=1, 2, \dots, N$ 。根据先前说明, 这次所指的先前处理过的数据就为 0, 第一次传输后, 接收机缓存单元 209 中保存的数据是  $S(1) \times SNR(1) + 0$ 。第二次传输 (即第一次重传),  $k=2$ , 这次所指定先前处理过的数据为  $S(1) \times SNR(1)$ , 输入到 HARQ 合并单元 208 的数据为  $S(2)$ , 从图中可以看出,  $S(2)=2, 5, \dots, N-1, N$ 。  $S(2)$  进行加权后得  $S(2) \times SNR(2)$ , 这个数据还要和存在接收机缓存单元 209 中的先前处理过的数据进行合并, 就是  $S(1) \times SNR(1)$  中与  $S(2)$  对应位置上的数据与  $S(2) \times SNR(2)$  进行合并, 其他位置上的数据不变, 得  $S(1) \times SNR(1) + S(2) \times SNR(2)$ , 并将它存入接收机缓存单元 209。第  $i$  次传输 (即第  $i-1$  次重传),  $k=i$ , 这次所指定先前处理过的数据为  $S(1) \times SNR(1) + S(2) \times SNR(2) + \dots + S(i-1) \times SNR(i-1)$ , 输入到 HARQ 合并单元 208 的数据为  $S(i)$ , 从图中可以看出,  $S(i)=2, \dots, N-1$ 。  $S(i)$  进行加权后得  $S(i) \times SNR(i)$ , 这个数据还要和存在接收机缓存单元 209 中的先前处理过的数据进行合并, 就是  $S(1) \times SNR(1) + S(2) \times SNR(2) + \dots + S(i-1) \times SNR(i-1)$  中与  $S(i)$  对应位置上的数据与  $S(i) \times SNR(i)$  进行合并, 其他位置上的数据不变, 得  $S(1) \times SNR(1) + S(2) \times SNR(2) + \dots + S(i-1) \times SNR(i-1) + S(i) \times SNR(i)$ , 然后将它存入接收机缓存单元, 以此类推。从图 3 可以看出, 现有的蔡斯合并中, 每次都要重传整个包, 就是  $S(k)$  都相同。从图 4 可以看出, 本发明的经过改进的合并中, 每次重传的数据都只是原来数据的一

部分，也就是说  $S(k)(k=2,3\dots i)$  都是  $S(1)$  的一部分。另外，在一个包中的每个数据符号的权重也可以改成传输该数据符号所用的子载波的 SNR，这样可以获得更好的性能。

本方案中的 HARQ 合并单元进行合并时，还可以采用其他的加权算法，如用 SNR 和 SNR 的方差进行组合作为权重进行加权合并。

本方案还可以扩展到以子波段（一组子载波）为单位进行重传的方案，在子波段内部，不再加以区分。以子波段的数据为重传的最小单位，用该子波段内各子载波的信噪比的平均值作为该子波段的信噪比，其他操作类似。这样的话，系统的性能会有所降低，但是在子载波较多的情况下可以简化操作。

重传选择的 SNR 的阈值是一个非常关键的参数，它会影响本发明系统的性能。目前主要根据仿真的结果来选择。如果调制和编码的方案已经预先确定，可以通过仿真得到一个误码率和信噪比的曲线。图 5 为显示 SNR 阈值的选择方法的示意图，如果传输的目标误码率已经确定，可以根据这个曲线获得所需的信道 SNR。这个 SNR 可以作为本方案的 SNR 阈值，因为 SNR 低于这个值的子载波将会导致比规定更高的误码率，并且会导致信道解码失败和 CRC 校验的错误。这个 SNR 阈值可以预先存在通信双方的发射机和接收机中，

在通信的过程中，实际的 SNR 阈值可以随着重传次数的增加而渐渐降低，经过几次传输后，数据的可靠性增加，下一次重传需要的冗余度也就降低，SNR 阈值也就随之降低。因此，还可以根据信道状况，实时调整仿真计算的参数，把 SNR 阈值随 NACK 指示一起反馈给通信对端的发射机的重传控制器并且通过内部协议传给本端接收机中的解复用控制器。反馈 SNR 阈值给空中接口带来的开销非常小，几乎可以被忽略。

根据上述对实施例的具体说明，结合图 6，可以看出，本发明的多载波系统中混合自动重传请求的数据传输方法可以归纳为以下几个步骤：

a、本端发射机发送数据给通信对端接收机(步骤 601)；对端接收机接收数据(步骤 602)；对端接收机估计传输数据的各子载波的信噪比，通过对端的发射机和本端接收机将各子载波的信噪比反馈给发射机，并且对端接收机对接收的数据进行加权、存储并供对端接收机判别（步骤 603）。

b、对端的接收机判别数据是否正确（步骤 604）；若数据正确，对端接收机输出数据（步骤 605），对端接收机通过对端的发射机和本端接收机传送肯定应答（ACK）指示给本端发射机（步骤 606）；若数据不正确，对端接收机经过同样路径发送否定应答（NACK）指示给本端发射机（步骤 608）。

c、当本端发射机收到肯定应答 (ACK) 指示时, 本端发射机获取新数据作为发送数据 (步骤 607), 返回步骤 a。

d、当本端发射机获得否定应答 (NACK) 指示时, 把从对端的接收机反馈回来的传输数据的各子载波的信噪比跟一个阈值相比, 提取信噪比低于阈值的子载波, 把这些信噪比低于阈值的子载波上传输的数据, 根据一定的规则重新映射到另外一些信噪比较高的子载波上, 重传给对端接收机 (步骤 609)。

e、对端接收机接收重传数据, 估计传输数据的各子载波的信噪比, 并通过对端发射机和本端接收机将各子载波的信噪比反馈给本端发射机 (步骤 610); 对端接收机将上一次传输过程中的各子载波的信噪比跟本端发射机中的相同的阈值相比, 根据步骤 d 中相同的规则, 取出重传部分的数据, 对重传的数据进行加权, 并将加权后的数据和先前处理过的对应数据进行合并、存储并供对端接收机判别 (步骤 611), 返回步骤 b。

其中, 步骤 609, 610, 611 是本发明的主要发明点。

同时, 我们也可以从实施例中得到实现本发明方法的通信系统的结构, 如图 7 所示, 本发明的通信系统包含发射机 10 和接收机 11。其中, 发射机 10 包含发射机缓存单元 106 和复用单元 107, 接收机包含信噪比估计单元 113、接收机缓存单元 119、解复用单元 117、HARQ 合并单元 118 和 CRC 校验单元 122。该通信系统还包含: 与发射机缓存单元 106、复用单元 107 相连的重传控制器 110 和与信噪比估计单元 113 耦连、与解复用单元 117 和 CRC 校验单元 122 相连的解复用控制器 116。其中, 重传控制器 107 当获得从通信对端反馈的 ACK 指示时, 控制发射机缓存单元 106 获取新数据, 并控制复用单元 107 对新数据进行映射, 用于传输; 当获得从通信对端接收机反馈的 NACK 指示时, 将来自通信对端接收机 20 的信噪比估计单元的传输数据的各子载波的信噪比跟一个阈值相比, 确定信噪比低于阈值的子载波, 并控制复用单元 107, 根据一定的规则, 把信噪比低于阈值的子载波上传输的数据重新映射到另外一些信噪比较高的子载波上, 进行重传。解复用控制器 116, 当获得 CRC 校验单元输出的 ACK 指示时, 控制解复用单元 117, 把解复用后的数据送到 HARQ 合并单元 118; 当获得 CRC 校验单元 122 输出的 NACK 指示时, 在接收机 11 接收重传数据的情况下, 将来自信噪比估计单元 112 的上次传输的各子载波的信噪比跟对端发射机中的相同的阈值相比, 根据跟对端发射机中相同的规则, 控制解复用单元 117, 把解复用后的重传部分的数据送到 HARQ 合并单元 118 中。接收机缓存单元 119, 当获得 CRC 校验单元 122 输出的 ACK 指示时, 对保存其中的用于 HARQ 合并的先前处理过的数据进行清零。HARQ 合并单元 118, 对经过解

复用单元 117 处理后的数据进行加权，并将加权后的数据和保存在接收机缓存单元 119 中的先前处理过的数据进行合并，然后将处理后的数据保存在接收机缓存单元 119；该处理后的数据经过 CRC 校验单元 122 校验后，当得到 ACK 指示时，接收机 11 输出该数据。

其中，本发明添加的重传控制器 110 和解复用控制器 116 虽然本实施例中分别放置在发射机 10 和接收机 11 中，但实际应用中，可以不限于此种设置。在将发射机和接收机作为一个整体的通信系统中包含重传控制器 110 和解复用控制器 116，并且满足上述的相互关系即可。

图 8、图 9 分别显示本发明方案和现有技术的具有混合自动重传请求的正交频分复用系统的信噪比—误码率比较曲线、本发明方案和现有技术的信噪比—系统吞吐量的比较曲线。图 8、图 9 分别显示的比较曲线均是在下述仿真环境中获得的，即在正交频分复用（OFDM）系统下；1024 个子载波；载波频率为 3.2GHz；信道为 AWGN+室外多径信道 A；无线通信速率为 120km/h；编码方式为 1/3 Turbo 编码；调制方式为 16QAM；循环冗余校验（CRC）位为 24 比特；信道估计为理想信道估计，信噪比估计也为理想信噪比估计；仿真点数为 1024\*100；最大重传次数为 3 次；SNR 阈值设定为  $E_b/N_0-2.0$ 。这里用来确定重传码元的 SNR 阈值是一个相对 SNR 值，它比仿真中的设定的信道平均 SNR 低 2.0dB。在图 8 中，曲线 a1 是现有技术的具有混合自动重传请求的正交频分复用系统的信噪比—误码率的曲线，曲线 b1 是本发明的具有混合自动重传请求的正交频分复用系统的信噪比—误码率的曲线。从图 8 可以看出本发明方案的误码率总是比现有的蔡斯合并（chase combing）的方法低。这是因为在本方案中，重传的码元总是映射到那些信噪比较高的子载波中。在图 9 中，曲线 a2 是现有技术的具有混合自动重传请求的正交频分复用系统的信噪比—系统吞吐量的曲线，曲线 b2 是本发明的具有混合自动重传请求的正交频分复用系统的信噪比—系统吞吐量的曲线。从图 9 可以看出，本发明方案的吞吐量总是比现有技术的系统的吞吐量要大。

图 10 显示本发明方案节省的资源，如图 10 所示，在每次重传过程中，可以平均节省 40% 的子载波。所节省的资源可以分配给其他用户，这样可以大大提高整个系统的吞吐量。

从图 8、图 9、图 10 的仿真结果，说明本发明方案不仅能提高系统的吞吐量，而且能有效降低误码率

上述仅为本发明的较佳实施例，并非用来限定本发明的保护范围。本发明应由所附权利要求加以限定。

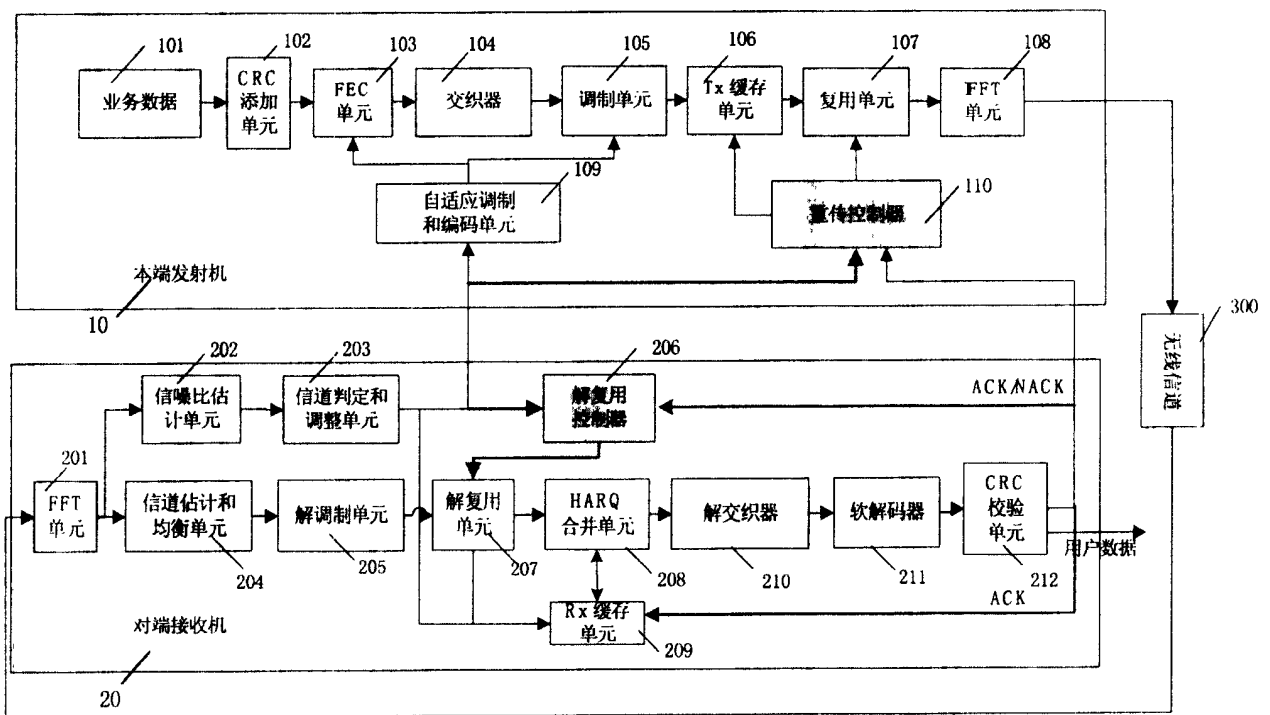


图 1

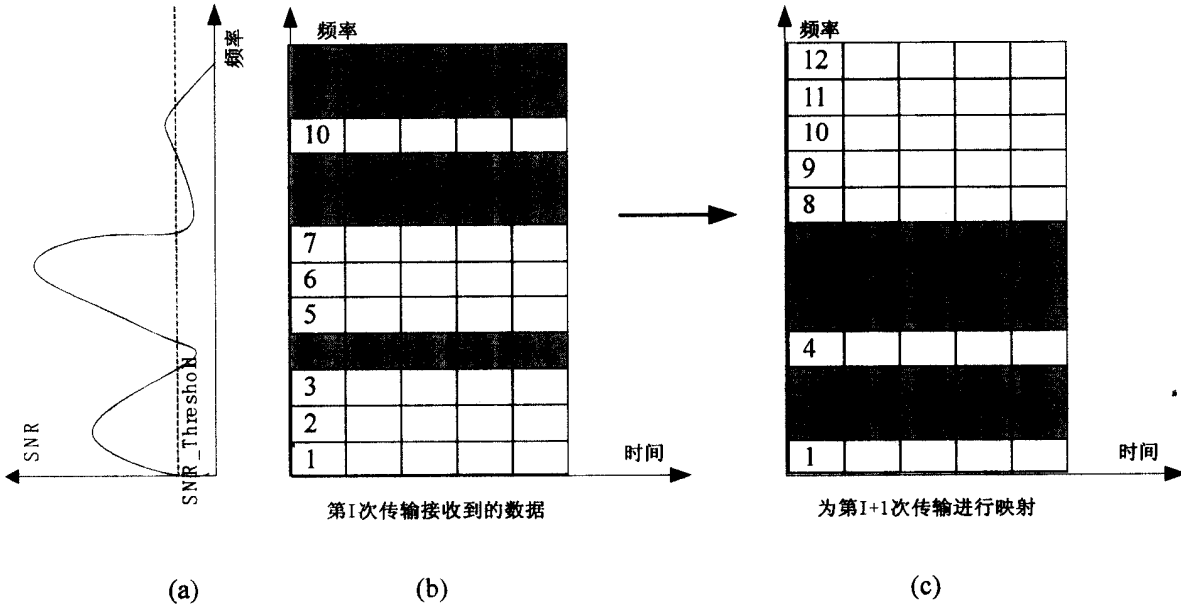


图 2

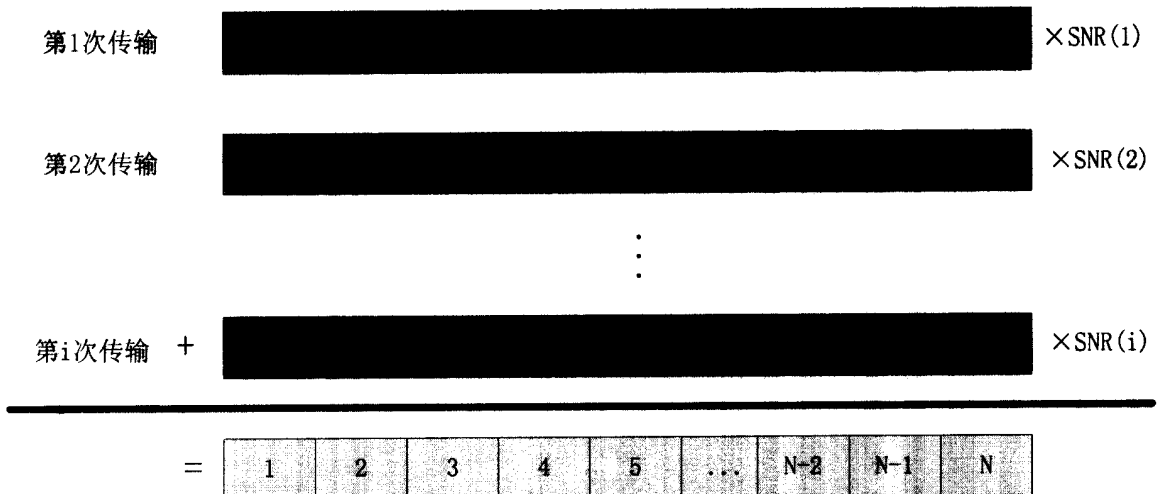


图 3

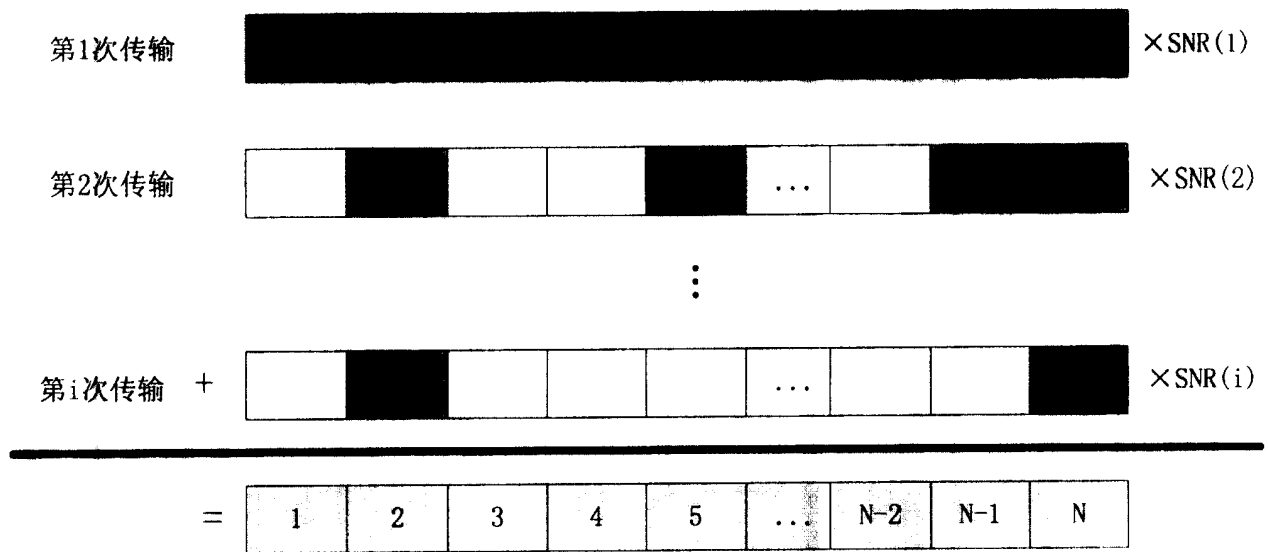


图 4

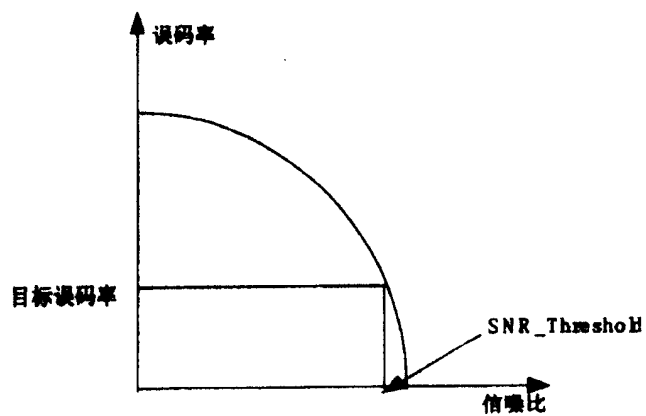


图 5

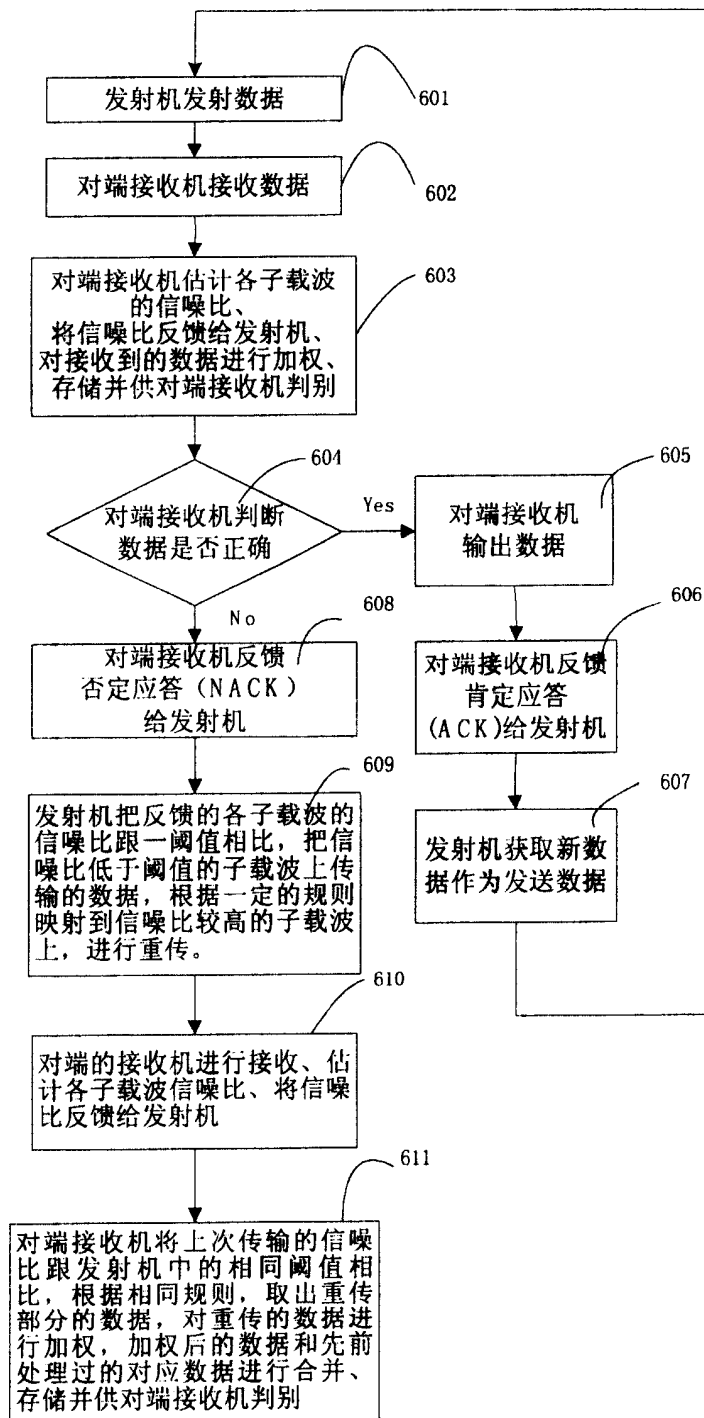


图 6

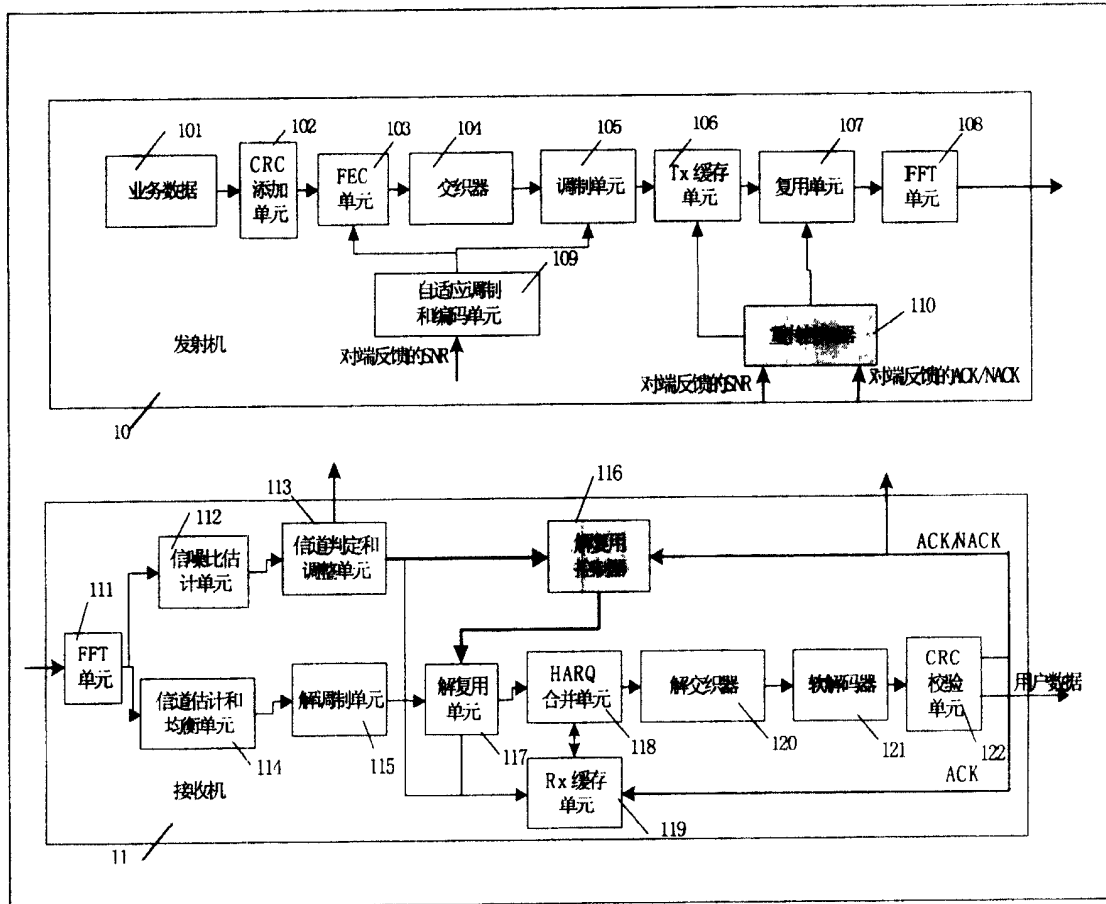


图 7

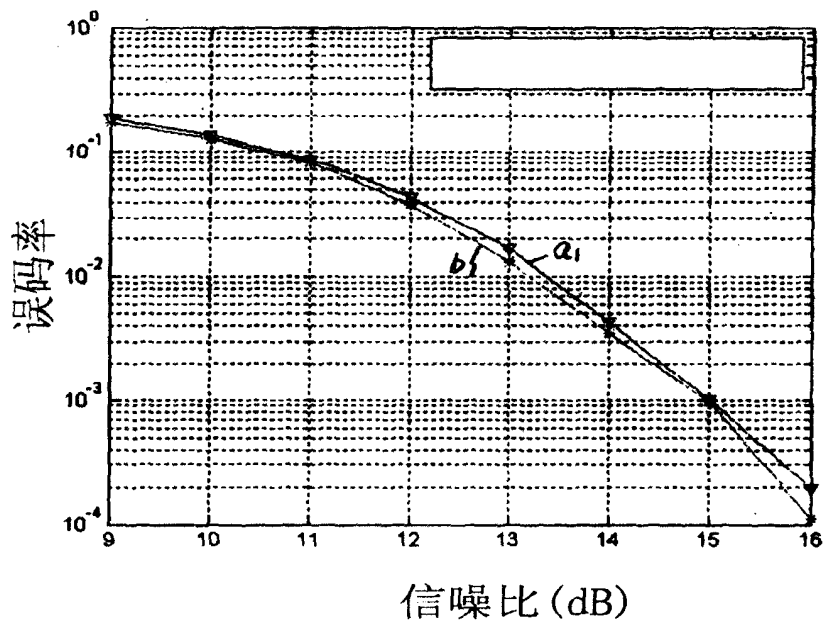


图 8

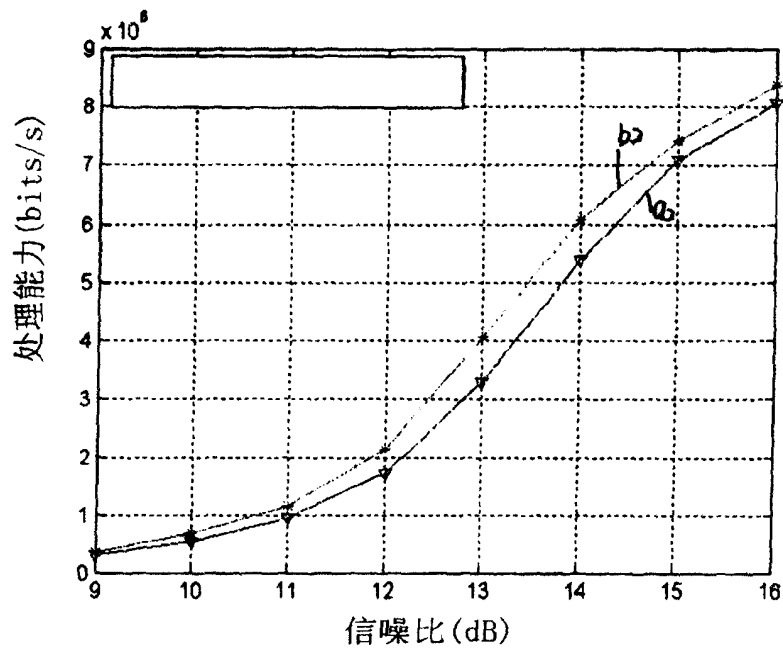


图 9

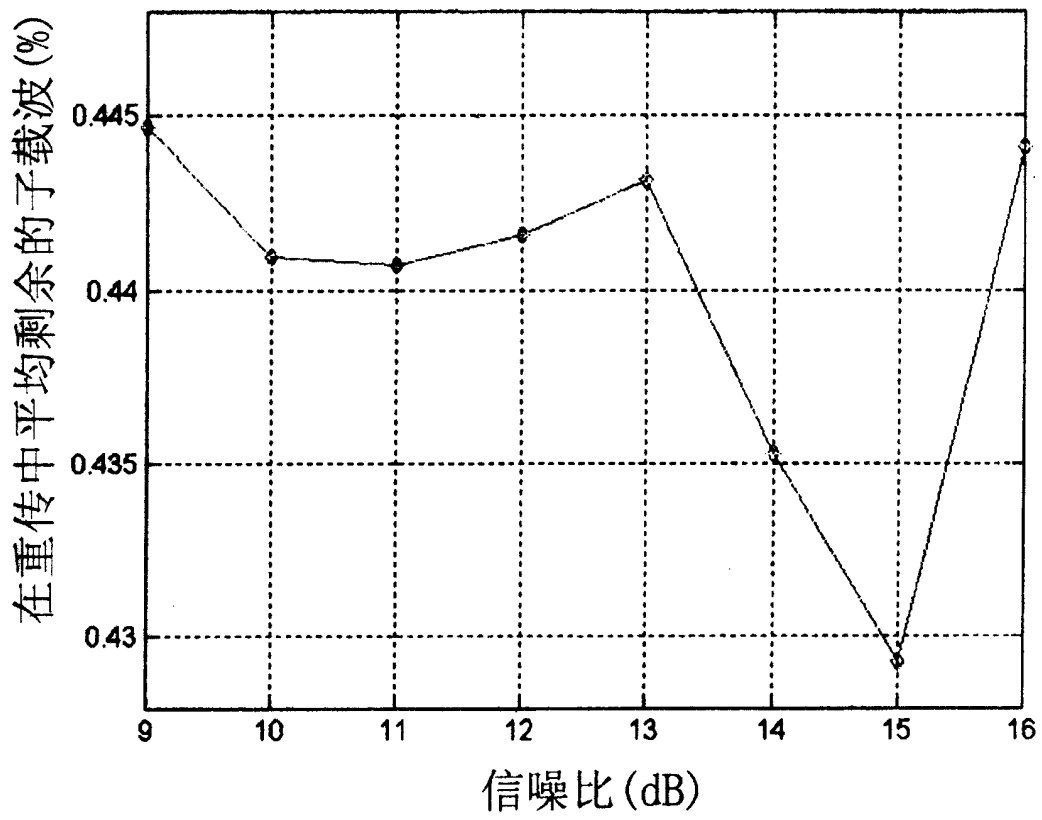


图 10