

WO 2017/113073 A1

**根据细则 4.17 的声明:**

— 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种信号处理方法、发射机以及接收机，该信号处理方法包括：发射机将待发送的 PAM 符号序列划分为 K 个序列段，每个序列段包括 M 个 PAM 符号；将每一个序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射；针对每一个序列段，将该序列段中经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换 DFT，获得 K 个序列段对应的离散频域信号；将每一个序列段对应的离散频域信号映射至 K 个子载波上；将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号，并将该时域信号发送至接收机。通过本发明一个子载波一次可以承载 M 个携带有用信号的 PAM 符号，减小发送 $M*K$ 个 PAM 符号时的处理复杂度。

信号处理方法、发射机及接收机

技术领域

本发明涉及信号处理技术领域，尤其涉及一种信号处理方法、发射机及接收机。

背景技术

现有的 4G 长期演进 (Long Term Evolution, LTE) 物理层是基于循环前缀正交频分复用 (Cyclic Prefix-Orthogonal Frequency Division Multiplexing, CP-OFDM) 技术设计的，每个子载波在频域上都是一个 sinc 函数，造成 OFDM 在频域上带外衰减慢，带外干扰较高。因此，LTE 系统将 10% 的系统带宽作为保护带，使得 LTE 系统不会对其他带外无线通信系统造成干扰。

未来无线物理层技术演进中，可能将一个大带宽分割为不同的子带，承载不同的业务类型。子带与子带之间要求无干扰，因此新物理层技术的带外干扰必须尽量小。滤波器组多载波技术 (filter bank multi-carrier, FBMC) 技术的每个子载波有良好的带外抑制性能，其带外干扰比 OFDM 小 40-60dB。为了达到最大频谱效率，FBMC 系统通常采用交错正交幅度调制 (Offset Quadrature Amplitude Modulation, OQAM) 模式，因此叫做 FBMC-OQAM 系统。

现有技术中，FBMC-OQAM 可以通过频域扩展方式实现简化实现，如图 1 所示，即是现有技术中 FBMC 系统的工作框图，具体方法如下：若要发送的总符号数为 $M \times K$ 个，其中 $d_{m,k}$ 表示第 k 个子载波第 m 个时隙的符号。 m 依次从 0 开始，每次输入 K 个脉冲幅度调制 (pulse amplitude modulated, PAM) 符号，即 $[d_{m,0}, d_{m,1}, \dots, d_{m,K-1}]$ ，这 K 个 PAM 符号分别映射到 K 个 FBMC 子载波上，对于某一个 PAM 符号，具体操作如下， $d_{m,k}$ 被乘以相位因子 j^{m+k} 后被复制 M 份，从而形成 M 个 PAM 符号，被复制的各个 PAM 符号各自再乘以 M 点的频域滤波系数，从而映射至 FBMC 子载波上，最后各个子载波上的频点再被映射至 $M \times K/2$ 点快速傅里叶逆变换 (Inverse Fast Fourier Transformation, IFFT) 映射频点上，通过 IFFT 变换将 $M \times K/2$ 点的 IFFT 映射频点转换到时域，这样 $M \times K/2$ 点时域信号被交叠相加后发送到接收机。

接收机收到信号后，由截取窗滑动截取 $M \times K/2$ 点时域信号，进行快速傅

里叶变换 (Fast Fourier Transmission, FFT)、过信道估计、信道均衡、频域滤波,乘以相位因子 $j^{-(m+k)}$, 取实部, 最后将获得到 K 点 PAM 符号。

但是, 目前的 FBMC 收发机的算法复杂度比较大。

发明内容

本发明实施例提供了一种信号处理方法及装置, 一个子载波一次可以承载 M 个携带有用信号的 PAM 符号, 发送 $K*M$ 个 PAM 符号只需要处理一次, 减小了处理复杂度。

本发明第一方面提供一种信号处理方法, 包括:

发射机将待发送的 N 个脉冲幅度调制 (PAM) 符号序列映射到 K 个序列段上, 其中, M 大于或者等于 2, M 为每帧的时域符号个数, $K*M$ 大于或者等于 N;

所述发射机将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射, 使 $K*M$ 个 PAM 符号在 FBMC 系统中正交;

所述发射机针对每一个所述序列段, 将经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换 DFT, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号;

所述发射机将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上, 其中, 每一个序列段的离散频域信号映射至每一个子载波的 M 个频点上;

所述发射机将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号, 并将所述时域信号发送至接收机。通过离散傅里叶变换将每一个序列段的 M 个 PAM 符号转换为离散频域信号, 并进一步将离散频域信号映射至 K 个子载波上, 从而实现将一个序列段的携带有用信号的 M 个 PAM 符号调制到一个子载波上, 一次处理流程可以发送 $K*M$ 个 PAM 符号, 减小处理复杂度, 并且缩短发送所有 PAM 符号的时长。

基于第一方面, 在第一方面的第一种可行的实施方式中, 发射机将 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号, 包括:

发射机将 K 个子载波中每一个子载波的频点映射至快速傅里叶逆变换 IFFT 映射频点;

进一步的,发射机通过快速傅里叶逆变换,将每一个子载波映射的 IFFT 映射频点转换为时域信号。通过将子载波中每一个子载波的频点映射至 IFFT 映射频点,从而方便后续进行时域信号的转换。

基于第一方面,在第一方面的第二种可行的实施方式中,发射机将每一个序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上,包括:

发射机将每一个序列段的离散频域信号乘以频域滤波系数,从而将每一个序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上,通常一个序列段对应一个子载波,一个子载波包括 M 个频点。通过频域滤波系数,实现将 K 个序列段的离散频域信号映射至 K 个子载波上,也即是将一个序列段的 M 个 PAM 符号调制到一个子载波的 M 个频点上,减少处理复杂度。

基于第一方面第一种可行的实施方式或者第一方面第二种可行的实施方式,在第一方面的第三种可行的实施方式中,发射机将每一个序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射之前,还包括:

发射机通过预编码矩阵,将每一个序列段中的 PAM 符号进行预编码处理,即是一个序列段的 PAM 符号与一个预编码矩阵相乘;

发射机将每一个序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射,包括:

发射机将每一个序列段中经过预编码处理后的 M 个 PAM 符号进行相位映射处理。通过预编码矩阵对各个序列段的 PAM 符号进行预编码处理,从而实现对各个序列段的 PAM 符号在频域的映射频点控制。

基于第一方面第三种可行的实施方式,在第一方面的第四种可行的实施方式中,预编码矩阵包括单位阵或者哈达码矩阵。进一步限定预编码矩阵为单位阵或者哈达码矩阵,通过变换预编码矩阵可以实现对频域信号中各个频点的特定控制,例如,若为单位阵,则相当于未对各个 PAM 符号进行处理,因此频域信号的各个频点仍然为原始状态,若为哈达码矩阵,则相当于控制各个 PAM 符号映射到频域信号中的特定频点。

基于第一方面第四种可行的实施方式,在第一方面的第五种可行的实施方式中,若预编码矩阵为哈达码矩阵,经过预编码处理后的序列段中的 M 个 PAM 符号中每一个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至该序列段对应的离散频域信号中至少一个频点,即是该至少一个频点携带对应的 PAM 符号的数据。

进一步限定该预编码矩阵为哈达码矩阵时, 经过预编码处理的一个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射到离散频域信号中的至少一个特定频点, 方便对各个 PAM 符号携带的信号在频域所映射频点的控制。

基于第一方面第五种可行的实施方式, 在第一方面的第六种可行的实施方式中, 该序列段的 M 个 PAM 符号中目标 PAM 符号携带导频信号, 该目标 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至该序列段对应的离散频域信号中的目标频点, 即是该目标频点携带目标 PAM 符号的数据。

所述序列段的 M 个 PAM 符号中除目标 PAM 符号外的所有 PAM 符号经过离散傅里叶变换后未映射至该目标频点。通过在序列段的至少两个 PAM 符号中的目标 PAM 符号添加导频信号, 该目标 PAM 符号映射至离散频域信号的目标频点, 而其他 PAM 符号则未映射到该目标频点, 即是其它 PAM 符号映射到该目标频点的值为零, 这样导频信号就不会受到其它 PAM 信号的干扰, 使接收端能够精确地进行信道估计, 提高系统链路性能。

基于第一方面, 在第一方面的第七种可行的实施方式中, 若所述待发送的 PAM 符号携带窄带物联网信号或者毫米波频段信号, 所述待发送的 PAM 符号序列包括一个序列段, 所述序列段的 M 个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后的离散频域信号映射至一个子载波上。进一步限定在发送携带窄带物联网信号或者毫米波频段信号的 PAM 符号时, 使用单载波 FBMC 系统, 可以达到极低的峰均比 (Peak to Average Power Ratio, PAPR), 从而提高边缘覆盖性能。

本发明第二方面提供一种信号处理方法, 包括:

接收机接收发射机发送的时域信号, 并通过快速傅里叶变换将该时域信号转换为频域信号, 该频域信号包括 K 个子载波的频点, 每个子载波包括 M 个频点;

接收机对所有 K 个子载波中每一个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号, K 为发射机划分 N 个 PAM 符号序列时的序列段数目;

接收机对 K 个序列段中每一个序列段对应的 M 个离散频域信号进行离散傅里叶逆变换 IDFT, 获得所述 K 个序列段对应的离散时域信号, 该一个序列段的离散时域信号中包括 M 个离散点;

接收机对 K 个序列段对应的离散时域信号进行反向相位映射, 该反向相位映射是根据发射机对每一个所述序列段中的 M 个待发送的 PAM 符号进行的相位映射所做的反向相位映射;

接收机将反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号。接收机通过离散傅里叶逆变换将各个子载波上的多个频点转换为离散时域信号, 从离散时域信号中即可提取出 PAM 符号, 通过这种方式一个子载波上可以提取出多个携带有用信号的 PAM 符号, 减小处理复杂度。

基于第二方面, 在第二方面的第一种可行的实施方式中, 若所述发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理;

接收机将反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号之前, 还包括:

接收机对反向相位映射处理后的 K 个序列段中每一个序列段对应的离散时域信号进行解预编码处理;

接收机将反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号, 包括:

接收机将经过解预编码处理以及反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号。若发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理, 则在接收机获得离散时域信号后, 需要进一步进行解预编码处理, 才能得到发射机所发送的 PAM 符号, 通过预编码矩阵可以控制 PAM 符号在离散频域信号各个频点的映射值。

本发明第三方面提供一种发射机, 包括:

资源映射模块, 用于将待发送的 N 个 PAM 符号序列映射到 K 个序列段上, 其中, M 大于或者等于 2, M 为每帧的时域符号个数, $K \cdot M$ 大于或者等于 N ;

相位映射模块, 用于将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射处理, 使 $K \cdot M$ 个 PAM 符号在 FBMC 系统中正交;

DFT 模块, 用于针对每一个所述序列段, 将经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号;

频域滤波模块, 用于将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自

对应的子载波上,其中,每一个序列段的离散频域信号映射至每一个子载波的 M 个频点上;

转换模块,用于将所述 K 子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号,并将所述时域信号发送至接收机。通过离散傅里叶变换将每一个序列段的多个 PAM 符号转换为离散频域信号,并进一步将离散频域信号映射至 K 个子载波的频点上,从而实现将一个序列段的携带有用信号的 M 个 PAM 符号调制到一个子载波上,一次处理流程可以发送 $K*M$ 个 PAM 符号,减小处理复杂度,并且缩短发送所有 PAM 符号的时长。

基于第三方面,在第三方面的第一种可行的实施方式中,所述转换模块包括:

映射模块,用于将 K 个子载波中每一个子载波的频点映射至快速傅里叶逆变换 IFFT 映射频点;

IFFT 模块,用于通过快速傅里叶逆变换,将 K 个子载波中每一个子载波映射的 IFFT 映射频点转换为时域信号。通过将子载波中每一个子载波的频点映射至 IFFT 映射频点,从而方便后续进行时域信号的转换。

基于第三方面,在第三方面的第二种可行的实施方式中,所述频域滤波模块具体用于将每一个序列段的离散频域信号乘以频域滤波系数,从而将每一个序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波的频点上,通常一个序列段对应一个子载波,一个子载波包括 M 个频点。通过频域滤波系数,实现将 K 个序列段的离散频域信号映射至 K 个子载波上,也即是将一个序列段的 M 个 PAM 符号调制到一个子载波的 M 个频点上,减少处理复杂度。

基于第三方面第一种可行的实施方式或者第三方面第二种可行的实施方式,在第三方面的第三种可行的实施方式中,所述发射机还包括:

预编码模块,用于通过预编码矩阵,将每一个序列段中的 M 个 PAM 符号进行预编码处理,即是一个序列段的 PAM 符号与一个预编码矩阵相乘;

所述相位映射模块具体用于将每一个序列段中经过预编码处理后的 M 个 PAM 符号进行相位映射处理。通过预编码矩阵对各个序列段的 PAM 符号进行预编码处理,从而实现对各个序列段的 PAM 符号在频域的映射频点控制。

基于第三方面第三种可行的实施方式,在第三方面的第四种可行的实施方

式中, 预编码矩阵包括单位阵或者哈达码矩阵。进一步限定预编码矩阵为单位阵或者哈达码矩阵, 通过变换预编码矩阵可以实现对频域信号中各个频点的特定控制, 例如, 若为单位阵, 则相当于未对各个 PAM 符号进行处理, 因此频域信号的各个频点仍然为原始状态, 若为哈达码矩阵, 则相当于控制各个 PAM 符号映射到频域信号中的特定频点。

基于第三方面第四种可行的实施方式, 在第三方面的第五种可行的实施方式中, 若所述预编码矩阵为哈达码矩阵, 经过预编码处理后的该序列段中的 M 个 PAM 符号中每一个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至该序列段对应的离散频域信号中至少一个频点, 即是该至少一个频点携带对应的 PAM 符号的数据。进一步限定该预编码矩阵为哈达码矩阵时, 经过预编码处理的一个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射到离散频域信号中的至少一个特定频点, 方便对各个 PAM 符号携带的信号在频域所映射频点的控制。

基于第三方面第五种可行的实施方式, 在第三方面第六种可行的实施方式中, 该序列段的 M 个 PAM 符号中目标 PAM 符号携带导频信号, 目标 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至该序列段对应的离散频域信号中的目标频点;

该序列段的至少两个 PAM 符号中除目标 PAM 符号外的所有 PAM 符号经过离散傅里叶变换后未映射至该目标频点。通过在序列段的至少两个 PAM 符号中的目标 PAM 符号添加导频信号, 该目标 PAM 符号映射至离散频域信号的目标频点, 而其他 PAM 符号则未映射到该目标频点, 即是其它 PAM 符号映射到该目标频点的值为零, 这样导频信号就不会受到其它 PAM 信号的干扰, 使接收端能够精确地进行信道估计, 提高系统链路性能。

基于第三方面, 在第三方面的第七种可行的实施方式中, 若所述待发送的 PAM 符号携带窄带物联网信号或者毫米波频段信号, 所述待发送的 PAM 符号序列包括一个序列段, 所述序列段的 M 个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后的离散频域信号映射至一个子载波的 M 个频点。进一步限定在发送携带窄带物联网信号或者毫米波频段信号的 PAM 符号时, 使用单载波 FBMC 系统, 可以达到极低的峰均比, 从而提高边缘覆盖性能。

本发明第四方面提供一种接收机, 包括:

FFT 模块, 用于接收发射机发送的时域信号, 并通过快速傅里叶变换 FFT

将该时域信号转换为频域信号,该频域信号包括 K 个子载波的频点,每个子载波包括 M 个频点, K 的数目为发射机所发送的子载波的数目;

匹配滤波模块,用于对频域信号中的 K 个子载波中每一个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波,获得 K 个序列段对应的离散频域信号, K 为发射机划分 N 个 PAM 符号时的序列段数目,也是发射机发送子载波的数目;

IDFT 模块,用于对 K 个序列段中每一个序列段对应的 M 个离散频域信号进行离散傅里叶逆变换 IDFT,获得 K 个序列段对应的离散时域信号;

反向相位映射模块,用于对 K 个序列段对应的离散时域信号进行反向相位映射,该反向相位映射是根据发射机对每一个所述序列段中的 M 个待发送的 PAM 符号进行的相位映射所做的反向相位映射;

确定模块,用于将反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号。接收机通过离散傅里叶逆变换将各个子载波上的多个频点转换为离散时域信号,从离散时域信号中即可提取出 PAM 符号,通过这种方式一个子载波上可以提取出 M 个携带有用信号的 PAM 符号,一次可以接收 $K*M$ 个 PAM 符号,减小处理复杂度。

基于第四方面,在第四方面的第一种可行的实施方式中,若所述发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理;所述接收机还包括:

解预编码模块,用于对反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号进行解预编码处理;

确定模块具体用于将经过解预编码处理以及反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号。若发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理,则在接收机获得离散时域信号后,需要进一步进行解预编码处理,才能得到发射机所发送的 PAM 符号,通过预编码矩阵可以控制 PAM 符号在离散频域信号各个频点的映射值。

本发明第五方面提供一种发射机,包括处理器和发送器;

该处理器用于将待发送的 N 个 PAM 符号序列映射到 K 个序列段上,其中, M 大于或者等于 2, M 为每帧的时域符号个数, $K*M$ 大于或者等于 N ;

该处理器将每一个序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射,使 $K*M$ 个 PAM 符号在 FBMC 系统中正交;

该处理器针对每一个序列段,将经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换 DFT, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号;

该处理器将每一个序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上, 其中, 每一个序列段的离散频域信号映射至每一个子载波的 M 个频点上;

该处理器将 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号;

该发送器, 用于将所转换得到的时域信号发送至接收机。

本发明第六方面提供一种接收机, 包括接收器和处理器;

该接收器, 用于接收发射机发送的时域信号;

该处理器, 用于通过快速傅里叶变换将该时域信号转换为频域信号, 该频域信号包括 K 个子载波的频点, 每个子载波包括 M 个频点;

该处理器对所有 K 个子载波中每一个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号, K 为发射机划分 N 个 PAM 符号时的序列段数目;

该处理器对 K 个序列段中每一个序列段对应的 M 个离散频域信号进行离散傅里叶逆变换 IDFT, 获得 K 个序列段对应的离散时域信号, 该一个序列段的离散时域信号中包括 M 个离散点;

该处理器对 K 个序列段对应的离散时域信号进行针对于发射机的相位映射的反向相位映射, 该反向相位映射是根据发射机对每一个所述序列段中的 M 个待发送的 PAM 符号进行的相位映射所做的反向相位映射;

处理器将反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号。

本发明实施例中, 发射机将待发送的 PAM 符号序列划分为 K 个序列段, 每个序列段包括 M 个 PAM 符号, 针对每一个序列段的 M 个 PAM 符号进行相位映射, 再将相位映射的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号, 再将每一个序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上, 最后将各个子载波的频点转换为时域信号发送, 这种方式可以实现将一个序列段携带有用信号的 M 个 PAM 符号调制到一个子载波上, 一次处理流程可以发送 $K*M$ 个 PAM 符号, 减小处理复杂度。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明实施例提供的现有技术中 FBMC 实现框图；

图 2 为本发明实施例提供的一种信号处理方法的流程示意图；

图 3 为本发明实施例提供的一种 FBMC 发射机结构示意图；

图 4 为本发明实施例提供的一种频域映射图；

图 5 为本发明实施例提供的一种正交码与频点的映射关系图；

图 6 为本发明实施例提供的一种导频插入示意图；

图 7 为本发明实施例提供的一种 FBMC-OQAM 单载波多址接入示意图；

图 8 为本发明实施例提供的一种 FBMC-OQAM 单载波的 PAPR 性能比较示意图；

图 9 为本发明实施例提供的另一种信号处理方法的流程示意图；

图 10 为本发明实施例提供的一种 FBMC 接收机结构示意图；

图 11 为本发明实施例提供的另一种 FBMC 发射机的结构示意图；

图 12 为本发明实施例提供的另一种 FBMC 接收机的结构示意图；

图 13 为本发明实施例提供的一种时域符号个数的示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

本发明实施例中的发射机可以是终端或者包括在终端中，可选的，发射机也可以是基站或者包括在基站中，可选的，发射机也可以是独立的处理芯片。

本发明实施例中的接收机可以是终端或者包括在终端中，可选的，接收机也可以是基站或者包括在基站中，可选的，接收机也可以是独立的处理芯片。

可选的,若发射机包括在终端或者基站中,该终端或者基站包括编码器、PAM 调制器、发射机、射频电路和天线;其中,编码器与 PAM 调制器连接,PAM 调制器与发射机连接,发射机与射频电路连接,射频电路与天线连接。

编码器将待发送的比特流进行编码,并将编码后的比特流送入 PAM 调制器进行脉冲幅度调制,获得 PAM 符号序列,该 PAM 符号序列包括 N 个 PAM 符号,再将 PAM 符号序列送入本发明实施例提供的发射机进行信号处理,获得时域信号,该时域信号通过射频电路调制到天线进行发送。

可选的,若接收机包括在终端或者基站中,该终端或者基站包括:天线、射频电路、接收机、PAM 解调器以及解码器;其中,天线与射频电路连接,射频电路与接收机连接,接收机与 PAM 解调器连接,PAM 解调器与解码器连接。

天线接收时域信号,并将该时域信号送入射频电路进行低频调制处理,射频电路再将低频调制处理后的时域信号送入本发明实施例提供的接收机中进行信号处理,获得 PAM 符号序列,再将 PAM 符号序列送入 PAM 解调器进行解调,最后将解调处理后的信号输入解码器进行解码,获得比特流。

请参照图 2,为本发明实施例提供的一种信号处理方法的流程示意图,本实施例的信号处理方法可以由图 3 所示的发射机执行,如图所示,本实施例的信号处理方法包括步骤 S200-S203;

S200,发射机将待发送的 N 个脉冲幅度调制 PAM 符号映射到 K 个序列段上,每个所述序列段包括 M 个 PAM 符号,其中, M 大于或者等于 2, M 为每帧的时域符号个数, $K * M$ 大于或者等于 N;

本发明实施例中,调制系统通过编码器将待发送的比特流进行编码处理,然后将编码处理后的比特流通过 PAM 调制器进行脉冲幅度调制,获得待发送的 N 个 PAM 符号。

发射机将待发送的 N 个 PAM 符号映射到 K 个序列段上,每个序列段包括 M 个 PAM 符号, M 为每帧的时域符号个数。通常一个序列段的 M 个 PAM 符号由一个子载波进行发送。系统中对于一个子载波发送的 PAM 符号个数是固定的(每个子载波发送的 PAM 符号个数为 M, M 大于或者等于 2,优选的, $M=8$)。如图 13 所示,即是本发明实施例提供的一种时域符号个数的示意图,

如图所示,横轴表示时间,纵轴表示 K 个子载波的频率,对于某一个子载波而言,横轴的 M 个 PAM 符号即是每帧的时域符号个数。

需要说明的是,将 N 个 PAM 符号映射到序列段时,可能会存在最后一个序列段的 PAM 符号个数小于 M ,即是 N/M 不为整数,可选的,在这种情况下,可在最后一个序列段中添加零进行补齐,从而使得最后一个序列段的 PAM 符号个数也是为 M 。若所有的序列段的数目为 K ,则最终 $K*M$ 大于等于 N 。

具体的, $d_{m,k}$ 表示在第 k 个子载波上的第 m 个 PAM 符号,在子载波 k 上的 M 个 PAM 符号(即是在序列段 k 的 M 个 PAM 符号)标记为:

$$\vec{d}_k = [d_{0,k}, d_{1,k}, \dots, d_{M-1,k}]$$

S201,所述发射机将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射,使 $K*M$ 个 PAM 符号在 FBMC 系统中正交;

具体实施例中,为了保证每个 PAM 符号在 FBMC 系统中的虚实正交性,将每一个序列段中的 PAM 符号进行相位映射处理,可选的,进行相位映射处理的方式可以是将该序列段中的每个 PAM 符号乘以相位因子,或者将该序列段中的 PAM 符号乘以相位映射矩阵。

可选的,如图 3 所示,针对某一个序列段的 PAM 符号序列,在进行相位映射之前,还可以通过预编码模块进行预编码处理,然后输入相位映射模块进行相位映射处理,最后再将相位映射处理后的 PAM 符号输入 M-DFT 模块进行 M 点离散傅里叶变换,获得该序列段对应的离散频域信号。

下面对发射机通过预编码模块的预编码矩阵,对每一个序列段中的 M 个 PAM 符号进行预编码处理的过程进行阐述;

本发明实施例中,为了控制 PAM 符号序列中各个 PAM 符号在频域的映射频点,发射机在将序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射处理之前,还可以通过预编码矩阵,对序列段中的每个 PAM 符号进行预编码处理,需要说明的是,该预编码矩阵需要根据具体的应用场景而确定,例如,为了可以使得某一些 IFFT 映射频点的值置零,预编码矩阵可以是哈达码矩阵(Hadamard 矩阵)。哈达码矩阵是由+1 和-1 元素构成的正交方阵。所谓正交方阵,指它的任意两行(或两列)都是正交的,且任意一行(列)的所有元素的平方和等于方阵的阶数。即:设 A 为 n 阶由+1 和-1 元素构成的方阵,若 $AA' = nI$ (这里 A' 为

A 的转置, I 为单位方阵), 则称 A 为 n 阶 Hadamard 矩阵。

需要说明的是, 本实施例中的预编码矩阵包括但不限于哈达码矩阵和单位阵。

具体可选的, 如图 3 所示, 本实施例中一个序列段的 PAM 符号由一个预编码模块进行处理。

作为一种可选的实施方式, 若在进行预编码处理时所采用的预编码矩阵为哈达码矩阵, 则在经过预编码处理后的序列段中的 M 个 PAM 符号中每一个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至该序列段对应的离散频域信号中的至少一个频点, 即是该序列段中的至少两个 PAM 符号中每一个 PAM 符号映射到离散频域信号中的至少一个频点的值大于零(也即是该至少一个频点携带对应的 PAM 符号的数据), 而该 PAM 符号映射至该离散频域信号的其它频点的值为零。

如图 5 所示, 即是本发明实施例提供的一种 PAM 符号与离散频域信号之间的映射关系图, 如图所示, 第一个 PAM 符号 C0 映射至离散频域信号中的频点 Tap2, 第二个 PAM 符号 C1 映射至离散频域信号中的频点 Tap6, 第三个 PAM 符号 C2 映射至离散频域信号中的频点 Tap0 和 Tap4, 第四个 PAM 符号 C3 映射至离散频域信号中的频点 Tap0 和 Tap4, 第五个 PAM 符号 C4 映射至离散频域信号中的频点 Tap1, Tap3, Tap5, Tap7, 同理, 其它的可从图 5 中进行查询。由图可见, 一个 PAM 符号可以映射至离散频域信号中的 1-4 个频点。需要说明的是, PAM 符号映射至离散频域信号中的某一个或者多个频点, 即是该一个或者多个频点携带有该 PAM 符号的数据。

进一步可选的, 所述发射机将每一个所述序列段中经过预编码处理后的 PAM 符号进行相位映射处理。

S202, 所述发射机针对每一个所述序列段, 将经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号;

本发明实施例中, 针对每一个序列段, 发射机将该序列段中的所有经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换 (Discrete Fourier Transform, DFT), 从而获得该序列段对应的离散频域信号。

如图 3 所示, 在本实施例中一个序列段的 PAM 符号用一个向量进行表示,

在该序列段的 PAM 符号进行各种变换时，即是对该序列段对应的向量进行变换处理。在本实施例中，一个序列段的 PAM 符号包括 M 个，因此在进行 DFT 变换时，是进行 M -DFT 变换。

在进行 M -DFT 变换后，即将一个序列段的 M 个 PAM 符号转换为离散频域信号，一个序列段中的 M 个 PAM 符号转换后映射到该序列段对应的离散频域信号中的 M 个频点上，即是一个序列段对应的离散频域信号包括 M 个离散频点。

如图 3 所示，该发射机包括 K 个 M -DFT 模块，一个序列段的 PAM 符号由一个 M -DFT 模块进行离散傅里叶变换，从而获得该序列段对应的离散频域信号。

S203，所述发射机将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上，其中，每一个序列段的离散频域信号映射至每一个子载波的 M 个频点上；

本发明实施例中，发射机将每一个序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波的频点上，其中，一个序列段的离散频域信号映射至一个子载波的 M 个频点上。

具体可选的，针对一个序列段的 PAM 符号，如图 3 所示，该序列段的 M 个 PAM 符号经过 M -DFT 模块的离散傅里叶变换后获得 M 个离散频点，再将该 M 点离散频点映射至一个子载波的 M 个频点上。

可选的，将离散频点映射至子载波的频点的映射方式可以是，通过频域滤波模块，将一个序列段对应的 M 个离散频点与频域滤波系数相乘，从而将 M 个离散频点映射至一个子载波上的 M 个频点。需要说明的是，将离散频点映射至子载波的频点也即是将该离散频点对应的 M 个 PAM 符号调制到该子载波上。

需要说明的是，每个序列段对应的离散频域信号映射至子载波的处理方式均采用上述映射处理方式。

需要说明的是，若在进行预编码处理时所采用的预编码矩阵为哈达码矩阵，则在将 M 个序列段对应的离散频域信号映射至 M 个子载波的频点时，某一个序列段的某一个 PAM 符号映射至离散频域信号中某一个或多个频点的映

射值为零,则在离散频域信号映射至子载波的频点时,该子载波的对应频点仍然不携带该 PAM 符号的数据,即是该 PAM 符号映射至子载波的对应频点的映射值仍然为零。

具体可选的,在子载波 k 上的 M 个 PAM 符号标记为 $\vec{d}_k = [d_{0,k}, d_{1,k}, \dots, d_{M-1,k}]$, 这 M 个 PAM 符号分别经过预编码、相位映射、M 点 DFT 和 M 点的频域滤波器后可表示为:

$$\vec{x}_k = GF_M \Gamma_k P_k \vec{d}_k$$

变量列表如下:

- x 为 M 行 1 列的向量,即子载波 k 上的 M 个频点;
- P_k 为预编码矩阵,发送一般数据时可为单位阵,发送特殊符号如导频时可用 M 点哈达码矩阵,视情况而定。
- Γ_k 是相位映射矩阵,目的是保证 FBMC 系统中每个 PAM 符号的虚实正交性,可采用 $\Gamma_k = \text{diag}[j^{0+k-1}, j^{1+k-1}, \dots, j^{M-1+k-1}]$ 。
- F_M 是 M 点 DFT 矩阵;
- $G = \text{diag}[G_0, G_1, \dots, G_{M-1}]$, 其中 G_m 是滤波器频域系数。

S204, 所述发射机将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号,并将所述时域信号发送至接收机。

本发明实施例中,发射机将 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号,并将所转换的时域信号发送至接收机。可选的,在将时域信号发送之前,需要加上循环前缀 (Cyclic Prefix, CP)。

可选的,发射机将子载波的频点转换为时域信号的步骤可以包括以下步骤 S20-S21;

S20, 所述发射机将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点映射至快速傅里叶逆变换 IFFT 映射频点;

本发明实施例中,发射机将每一个子载波的频点映射至快速傅里叶逆变换 (Inverse Fast Fourier Transform, IFFT) 映射频点,可选的,如图 4 所示,即是本发明实施例提供的一种映射示意图,每个子载波上均包括 M 个频点,这里以 M=8 为例进行说明,需要说明的是,各个子载波的频点映射至 IFFT 频点是存在重叠部分。

如图 4 所示, 每个子载波均包括一个中心频点, 如图所示, 子载波 $k-1$ 的中心频点为 $(k-1)M/2$, 子载波 k 的中心频点为 $kM/2$, 需要说明的是, 各个子载波映射至 IFFT 的频点数量仍然为 8, 例如子载波 k , 它的第一个 IFFT 映射频点为 $(k-1)M/2$ 。

需要说明的是, 若在进行预编码处理时所采用的预编码矩阵为哈达码矩阵, 则在将每个子载波的频点映射至 IFFT 映射频点时, 若某一个 PAM 符号映射至一个子载波中某一个或多个频点的映射值为零, 则在子载波的频点映射至 IFFT 映射频点时, 该子载波的一个或者多个频点对应的 IFFT 映射频点仍然不携带该 PAM 符号的数据, 即是该 PAM 符号映射至该 IFFT 映射频点的映射值仍然为零。

利用上述哈达码矩阵处理后, PAM 符号映射至特定频点的值为零的性能, 实现在特定频点添加导频信号。在多载波 FBMC 系统中, 由于携带数据信号的 PAM 符号的数据泄露, 通常导频信号会存在虚部固有干扰, 现有技术中通常使用辅助导频等方式对消导频的虚部干扰, 而辅助导频通常需要占用更多的时频资源或功率开销。

本实施例中, 在序列段的至少两个 PAM 符号中的目标 PAM 符号仅仅添加导频信号, 而其他 PAM 符号中添加需要传输的数据信号。其中, 由于通过预编码矩阵进行了预编码处理, 目标 PAM 符号经过 DFT 变化后映射至该序列段对应的离散频域信号中的目标频点, 即是该目标频点携带该目标 PAM 符号的导频信号, 同时, 其他 PAM 符号未映射至该目标频点, 即是该目标频点未携带其他 PAM 符号的数据。需要说明的是, 目标频点仅仅是目标 PAM 符号映射至离散频域信号中至少一个频点中的一个频点。

具体的, 在 FBMC 系统中, 对于目标频点的选择可以参照图 5 所示的 PAM 符号与频点映射关系图, 如图可见, 一个序列段中的每个 PAM 符号经过哈达码矩阵后, 进行 DFT 变换, 被映射到离散频域信号中的 8 个频点, 最后这 8 个频点变换到 8 个 IFFT 频点上时, 每个 PAM 符号的数据只会映射在特定频点上, 其他频点不会有影响。

因此, 如果禁止在某些 PAM 符号上发送数据, 则可以完全使特定频点的值为 0, 本实施例给出的优选方案是禁止使用第 2 个和第 3 个 PAM 符号发送

数据,即不在这两个 PAM 符号对应的码道上传输数据,则频点 Tap4 的值为 0。如果在该频点 Tap4 上插入携带导频信号,则该导频不会受任何其他数据符号影响,可以完美估出频域信道。如图 6 所示,即是在子载波 k 的第五个码道 Tap4 上插入导频信号的示意图。

进一步的,通过哈达码矩阵在频域的映射特点,可以在一个或多个子载波上合理禁用一些码道,使任意频点置零。

更进一步的,在通过上述哈达码处理后, FBMC 子载波也可以分为两类,一类为纯数据子载波(I类),即该子载波上 M 个 PAM 符号都是数据,一类是内嵌导频的子载波(II类),即是该子载波上的 M 个 PAM 符号中存在携带导频信号的符号。在具体的处理过程中,对于 I 类子载波,预编码矩阵为单位阵;而 II 类子载波的预编码矩阵为 M 点哈达码矩阵。

S21,所述发射机通过快速傅里叶逆变换,将每一个所述子载波映射的 IFFT 映射频点转换为时域信号。

本发明实施例中,将所有子载波的频点映射至 IFFT 映射频点后,即可以通过快速傅里叶变换(Fast Fourier Transform, FFT)将每一个子载波映射的 IFFT 频点由频域转换为时域信号。

由上述可知,采用本发明实施例的信号处理方式复杂度大大降低,发射机将 KM 个符号处理完成所需乘法数为(假设 $K \gg M$):

$$C_{DFT-FS} = MK \left(\log_2 M + 1 + \frac{1}{2} \log_2 \frac{MK}{2} \right) \approx MK \log_2 \frac{MK}{2}$$

若是采用背景技术所述的图 1 的信号处理方式,则发射机将 KM 个 PAM 符号全部处理完成需要乘法次数为:

$$C_{FS} = MK \left(1 + \frac{M}{2} + \frac{M}{2} \log_2 \frac{MK}{2} \right) \approx \frac{M^2 K}{2} \log_2 \frac{MK}{2}$$

现有技术中所采用的信号处理方式的复杂度是本实施例所采用的信号处理方式复杂度的 $\frac{C_{FS}}{C_{DFT-FS}} \approx \frac{M^2 K \log_2 (MK/2)}{2MK \log_2 (MK/2)} = \frac{M}{2}$ 倍。

进一步可选的,若所述待发送的 PAM 符号携带窄带物联网信号或者毫米波频段信号,所述待发送的 PAM 符号序列包括一个序列段,所述序列段的所

有 PAM 符号经过离散傅里叶变换后的离散频域信号映射至一个子载波的 M 个频点。

本发明实施例中，若待发送的 PAM 符号包括一个序列段，则该序列段所有的 PAM 符号经过 DFT 后的离散频域信号映射至一个子载波的 M 个频点，因此这种场景又叫做单载波 FBMC-OQAM，单载波 FBMC-OQAM 具有低峰均比（Peak to Average Power Ratio, PAPR）的特点。

在一些要求低 PAPR，且需要传送的 PAM 符号少的场景可以使用单载波 FBMC-OQAM 的传输方式，例如在窄带物联网传输或毫米波频段等场景中，可以作为上行波形使用。在窄带物联网传输中，用户可以使用 8 个 IFFT 频点发送时， P_k 选取单位阵，在子载波 k 上映射 8 个 PAM 符号，其他子载波不发数据，该用户的发射的信号会获得极低的 PAPR，有利于覆盖增强。

如图 7 所示，即是本发明实施例提供的一种单载波 FBMC-OQAM 传输方式，一个终端 UE 的 PAM 符号采用一个子载波进行传输。需要说明的是，接收机接收到多个用户的信号时，相当于多载波 FBMC 系统中的多个正交子载波，分别解调即可。

如图 8 所示，即是本发明实施例提供的一种在 FBMC 系统中使用单载波（Single-carrier OQAM, SC-OQAM）调制和现有的长期演进-上行（Long Term Evolution Up Link, LTE-UL）调制中的互补累积分布函数（complementary cumulative distribution function, CCDF）的比较示意图，CCDF 曲线是为了表示 OFDM 系统中峰均值（Peak to Average Power Ratio, PAPR）的统计特性所引入的概念，它定义为多载波传输系统中峰均值超过某一门限值 z 的概率。

如图可见，使用单载波 FBMC-OQAM 的 PAPR 比 LTE 上行波形的 PAPR 低 3-5dB，提高了最大发射功率，从而也提高了边缘覆盖性能。

本发明实施例中，发射机将待发送的 PAM 符号序列划分为 K 个序列段，每个序列段包括 M 个 PAM 符号，针对每一个序列段的 M 个 PAM 符号进行相位映射，再将相位映射的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换，获得 K 个序列段对应的离散频域信号，再将每一个序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上，最后将各个子载波的频点转换为时域信号发送，这种方式可以实现将一个序列段携带有用信号的 M 个 PAM 符号调制到一个子载波上，一

次处理流程可以发送 $K \times M$ 个 PAM 符号，减小处理复杂度。

请参照图 9 为本发明实施例提供的另一种信号处理方法的流程示意图，本实施例的信号处理方法主要由图 10 的接收机执行，如图所示，本实施例的信号处理方法包括：

S900，接收机接收发射机发送的时域信号，并通过快速傅里叶变换将所述时域信号转换为频域信号，所述频域信号包括 K 个子载波的频点，每个所述子载波包括 M 个频点；

本发明实施例中，一个发射时间间隔（Transmission Time Interval，TTI）包含 $MK/2$ 个样点，因此接收机接收到发射机发送的时域信号后，对 $MK/2$ 个样点做 FFT，通过 FFT 变换将该时域信号转换为频域信号，该频域信号包括 $MK/2$ 个 IFFT 映射频点。需要说明的是，这 $MK/2$ 个 IFFT 映射频点包含 K 个子载波的频点，每个子载波包括 M 个频点，其中，各个子载波的频点与各个 IFFT 映射频点之间存在特定的映射关系，即是各个子载波的频点之间交叠相加形成 IFFT 频点。

接收机根据发射机的频点映射规则，从多个 IFFT 映射频点中提取出 K 个子载波的频点，其中每个子载波包括 M 个频点。

可选的，如图 10 所示，在进行 FFT 变换之前，去掉 CP，然后进行 FFT，进行 FFT 变换后，需要进一步进行信道估计和信道均衡。

S901，所述接收机对所述 K 个子载波中每一个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波，获得 K 个序列段对应的离散频域信号，所述 K 为所述发射机划分 PAM 符号序列时的序列段数目；

本发明实施例中，对于子载波 k ，在信道均衡处理后取出相关的 M 个频点（频点位置可参考发射端 IFFT 映射规则），再乘以 M 点的频域匹配滤波系数，即可得到该子载波的序列段对应的离散频域信号，该离散频域信号也包括 M 个频点。

S902，所述接收机对所述 K 个序列段中每一个序列段对应的 M 个离散频域信号进行离散傅里叶逆变换 IDFT，获得所述 K 个序列段对应的离散时域信号；

本发明实施例中，接收机对所获取的 K 个序列段中每一个序列段的离散频域信号中 M 个频点进行离散傅里叶逆变换 (Inverse Discrete Fourier Transform, IDFT)，获得离散时域信号，一个序列段的离散时域信号仍然由 M 个离散点构成。如图 10 所示，M-IDFT 模块对匹配滤波模块的输出信号进行 IDFT 变换。

S903，所述接收机对所述 K 个序列段对应的离散时域信号进行针对于发射机的相位映射的反向相位映射，所述发射机的相位映射是将每一个所述序列段中的 M 个待发送的 PAM 符号进行相位映射；

具体实施例中，进行 IDFT 变换后，再通过反向相位映射模块乘以反向相位因子进行反向相位映射处理。

S904，所述接收机将反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号。

本发明实施例中，进行反向相位映射处理后的 K 个序列段中各个序列段对应的离散时域信号由复数构成，接收机从进行反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中提取出实部，并将该实部确定为发射机发送的 PAM 符号。

可选的，若发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理，所述接收机将反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号之前，还包括：

所述接收机对反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号进行解预编码处理；

本发明实施例中，若发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理，则在接收机对离散时域信号进行反向相位映射处理后，需要进一步进行解预编码处理，最后再从解预编码处理后以及反向相位映射处理后的离散时域信号中提取实数。

可选的，如图 10 所示，对于子载波 k 接收机的整个处理流程为：在信道均衡后取出相关的 M 个点，再乘以 M 点的频域匹配滤波系数， M 点 IDFT，以及乘以反向的相位因子 Γ^H ，解预编码处理，得到 M 点复数信号，对其取实部，即可获得 $\bar{d}_k$ 在接收端的估计值 $\bar{y}_k = [y_{0,k}, y_{1,k}, \dots, y_{M-1,k}]$ ，其中 $y_{m,k}$ 即是 $d_{m,k}$

的估计值。

具体的，该子载波对应的 M 个频点 $\bar{x}'_k$ 变换成 $\bar{y}_k$ 过程可表示为：

$$\bar{y}_k = P_k^H \Gamma_k^H F_M^H G \bar{x}'_k$$

其中 A^H 表示矩阵 A 的共轭转置，需要说明的是，除了滤波器系数矩阵 G ，其他矩阵都取共轭转置。

本发明实施例中，接收机接收发射机发送的时域信号，通过 FFT 变换将时域信号转换为频域信号，该频域信号包括 K 个子载波的频点，每个子载波包括 M 个频点，将每个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波，获得 K 个序列段对应的离散频域信号，将每个序列段对应的 M 个离散频域信号进行 IDFT 变化，获得 K 个序列段对应的离散时域信号，再对离散时域信号进行反向相位映射处理，将反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号。通过这种方式一个子载波上可以提取出 M 个携带有用信号的 PAM 符号，即一次处理可以提取出 $K*M$ 个 PAM 符号，减小接收机的处理复杂度。

请参照图 3，为本发明实施例提供的一种发射机的结构示意图，如图所示，该实施例的发射机包括：

资源映射模块 100，用于将待发送的 N 个脉冲幅度调制 PAM 符号映射到 K 个序列段上，每个所述序列段包括 M 个 PAM 符号，其中， M 大于或者等于 2， M 为每帧的时域符号个数， $K*M$ 大于或者等于 N ；

具体可选的，调制系统通过编码器将待发送的比特流进行编码处理，然后将编码处理后的比特流通过 PAM 调制器进行脉冲幅度调制，获得待发送的 N 个 PAM 符号。

可选的，发射机将待发送的 N 个 PAM 符号映射到 K 个序列段上，通常一个序列段的 PAM 符号由一个子载波进行发送。系统中对于每一个序列段所映射的 PAM 符号个数是固定的（每个序列段的 PAM 符号个数为 M ， M 大于或者等于 2），优选的， $M=8$ 。

这样将 N 个 PAM 符号映射到序列段时，可能会存在最后一个序列段的 PAM 符号个数小于 M ，即是 N/M 不为整数，可选的，在这种情况下，可在最

后一个序列段中添加零进行补齐,从而使得最后一个序列段的 PAM 符号个数也是为 M 。若所有的序列段的数目为 K ,则最终 $K*M$ 大于等于 N 。

相位映射模块 102,用于将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射处理,使 $K*M$ 个 PAM 符号在 FBMC 系统中正交;

可选的,为了保证每个 PAM 符号的虚实正交性,将进行预编码处理后的序列段中的 PAM 符号进行相位映射处理。

可选的,所述发射机还包括预编码模块 101;

预编码模块 101,用于通过预编码矩阵,将所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行预编码处理;

可选的,射机在将序列段中的所有 PAM 符号进行 M -DFT 变换之前,还可以通过预编码矩阵,对序列段中的每个 PAM 符号进行预编码处理,需要说明的是,该预编码矩阵需要根据具体的应用场景而确定,例如,为了可以使得某一些 IFFT 映射频点的值置零,预编码矩阵可以是哈达码矩阵。需要说明的是,本实施例中的预编码矩阵包括但不限于哈达码矩阵和单位阵。

DFT 模块 103,用于针对每一个所述序列段,将经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换,获得 K 个序列段对应的离散频域信号;

具体的,在进行 M -DFT 变换后,即将一个序列段的 M 个 PAM 符号转换为离散频域信号,一个序列段中的 M 个 PAM 符号转换后映射到该序列段对应的离散频域信号中的 M 个频点上。

频域滤波模块 104,用于将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上,其中,每一个序列段的离散频域信号映射至每一个子载波的 M 个频点上;

需要说明的是,将离散频点映射至子载波的频点也即是将该离散频点对应的 M 个 PAM 符号调制到该子载波上。

可选的,所述频域滤波模块 104 具体用于利用频域滤波系数,将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波的频点上。

转换模块 105,用于将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号,并将所述时域信号发送至接收机。

可选的,在将时域信号发送之前,需要加上循环前缀 CP。

可选的, 如图所示, 转换模块可以包括映射模块和 IFFT 模块;

映射模块, 用于将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点映射至快速傅里叶逆变换 IFFT 映射频点;

IFFT 模块, 用于通过快速傅里叶逆变换, 将所述 K 个子载波中每一个子载波映射的 IFFT 映射频点转换为时域信号。

可选的, 如图 11 所示, 为本发明实施例提供的另一种发射机的示意性框图, 该发射机 1000 包括处理器 1010 和发送器 1020。

所述处理器 1010, 用于将待发送的 N 个 PAM 符号映射到 K 个序列段上, 每个所述序列段包括 M 个 PAM 符号, 其中, M 大于或者等于 2, M 为每帧的时域符号个数, $K*M$ 大于或者等于 N ;

所述处理器 1010 还用于将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射处理, 使 $K*M$ 个 PAM 符号在 FBMC 系统中正交;

所述处理器 1010 还用于针对每一个所述序列段, 将经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号;

所述处理器 1010 还用于将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上, 其中, 每一个序列段的离散频域信号映射至每一个子载波的 M 个频点上;

所述处理器 1010 还用于将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号。

所述发送器 1020, 用于将所述时域信号发送至接收机。

可选的, 上述将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号, 包括:

所述处理器 1010 将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点映射至快速傅里叶逆变换 IFFT 映射频点;

所述处理器 1010 通过快速傅里叶逆变换, 将所述 K 个子载波中每一个所述子载波映射的 IFFT 映射频点转换为时域信号。

可选的, 上述将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的

子载波上, 包括:

所述处理器 1010 利用频域滤波系数, 将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上。

所述处理器 1010 还用于通过预编码矩阵, 将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行预编码处理;

可选的, 所述预编码矩阵包括单位阵或者哈达码矩阵。

所述处理器 1010 还用于将进行预编码处理后的所述序列段中的 PAM 符号进行相位映射处理;

上述将所述序列段中的所有 PAM 符号进行离散傅里叶变换, 获得所述序列段对应的离散频域信号, 包括:

所述处理器 1010 将经过相位映射处理以及预编码处理后的所述序列段中所有 PAM 符号进行离散傅里叶变换, 获得所述序列段对应的离散频域信号。

可选的, 若所述预编码矩阵包括哈达码矩阵, 所述经过预编码处理后的所述序列段中的 M 个 PAM 符号中每一个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至所述序列段对应的离散频域信号中至少一个频点。

可选的, 所述序列段的 M 个 PAM 符号中目标 PAM 符号携带导频信号, 所述目标 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至所述序列段对应的离散频域信号中的目标频点;

所述序列段的 M 个 PAM 符号中除所述目标 PAM 符号外的所有 PAM 符号经过离散傅里叶变换后未映射至所述目标频点。

进一步可选的, 若所述待发送的 PAM 符号携带窄带物联网信号或者毫米波频段信号, 所述待发送的 PAM 符号序列包括一个序列段, 所述序列段的 M 个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后的离散频域信号映射至一个子载波的多个频点。

本发明实施例中, 发射机将待发送的 PAM 符号序列划分为 K 个序列段, 每个序列段包括 M 个 PAM 符号, 针对每一个序列段的 M 个 PAM 符号进行相位映射, 再将相位映射的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号, 再将每一个序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上, 最后将各个子载波的频点转换为时域信号发送, 这种方式可

以实现将一个序列段携带有用信号的 M 个 PAM 符号调制到一个子载波上, 一次处理流程可以发送 $K \times M$ 个 PAM 符号, 减小处理复杂度。

可以理解的是, 上述发射机中各个模块的具体实现方式可以进一步参考方法实施例中的相关描述。

请参照图 10, 为本发明实施例提供的一种接收机的结构示意图, 如图所示, 本实施例的接收机包括:

FFT 模块 200, 用于接收发射机发送的时域信号, 并通过快速傅里叶变换 FFT 将所述时域信号转换为频域信号, 所述频域信号包括 K 个子载波的频点, 每个所述子载波包括 M 个频点;

可选的, 接收机接收到发射机发送的时域信号后, 对 $MK/2$ 个样点做 FFT, 通过 FFT 变换将该时域信号转换为频域信号, 该频域信号包括 $MK/2$ 个 IFFT 映射频点, 需要说明的是, 该 $MK/2$ 个 IFFT 映射频点包含 K 个子载波的频点, 各个子载波的频点交叠相加。

匹配滤波模块 201, 用于对所述 K 个子载波中每一个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号, 所述 K 为所述发射机划分 N 个 PAM 符号时的序列段数目;

具体可选的, 接收机在信道均衡处理后取出相关的 M 个频点 (频点位置可参考发射端 IFFT 映射规则), 再乘以 M 点的频域匹配滤波系数, 即可得到该序列段对应的离散频域信号。

IDFT 模块 202, 用于对所述 K 个序列段中每一个序列段对应的 M 个离散频域信号进行离散傅里叶逆变换 IDFT, 获得所述 K 个序列段对应的离散时域信号;

可选的, 接收机对所提取的至少一个子载波中每一个子载波的多个频点进行离散傅里叶逆变换 IDFT, 获得离散时域信号, 该离散时域信号由复数构成。

反向相位映射模块 203, 用于对 M-IDFT 处理后的离散时域信号进行反向相位映射处理, 例如乘以反向相位因子;

可选的, 若所述发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理; 所述接收机还包括解预编码模块 204;

解预编码模块 204, 用于对反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号进行解预编码处理;

确定模块 205, 用于将经过解预编码处理以及反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号。

进一步可选的, 所述接收机还将提取出的 PAM 符号通过并串转换模块 P/S 进行并串转换, 获得最终的 PAM 符号。

可选的, 如图 12 所示, 为本发明实施例提供的另一种接收机的示意性框图, 该接收机 2000 包括处理器 2010 和接收器 2020。

所述接收器 2020, 用于接收发射机发送的时域信号;

所述处理器 2010, 用于通过快速傅里叶变换 FFT 将所述时域信号转换为频域信号, 所述频域信号包括 K 个子载波的频点, 每个所述子载波包括 M 个频点;

所述处理器 2010 还用于对所述 K 个子载波中每一个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号, 所述 K 为所述发射机划分 N 个 PAM 符号序列时的序列段数目;

所述处理器 2010 还用于对所述 K 个序列段中每一个序列段对应的 M 个离散频域信号进行离散傅里叶逆变换 IDFT, 获得所述 K 个序列段对应的离散时域信号; 对所述 K 个序列段对应的离散时域信号进行针对于发射机的相位映射的反向相位映射, 所述发射机的相位映射是将每一个所述序列段中的 M 个待发送的 PAM 符号进行相位映射;

所述处理器 2010 还用于将反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号。

若所述发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理;

所述处理器 2010 还用于对反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号进行解预编码处理;

所述处理器 2010 还用于将经过解预编码处理以及反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号。

本发明实施例中，接收机接收发射机发送的时域信号，通过 FFT 变换将时域信号转换为频域信号，该频域信号包括 K 个子载波的频点，每个子载波包括 M 个频点，将每个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波，获得 K 个序列段对应的离散频域信号，将每个序列段对应的 M 个离散频域信号进行 IDFT 变化，获得 K 个序列段对应的离散时域信号，再对离散时域信号进行反向相位映射处理，将反向相位映射处理后的 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为发射机发送的 PAM 符号。通过这种方式一个子载波上可以提取出 M 个携带有用信号的 PAM 符号，即一次处理可以提取出 $K*M$ 个 PAM 符号，减小接收机的处理复杂度。

可以理解的是，上述接收机中各个模块的具体实现方式可以进一步参考方法实施例中的相关描述。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的程序可存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，所述的存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体（Read-Only Memory, ROM）或随机存储记忆体（Random Access Memory, RAM）等。

本发明实施例方法中的步骤可以根据实际需要进行顺序调整、合并和删减。

本发明实施例发射机和接收机中的模块可以根据实际需要进行合并、划分和删减。

本发明实施例的微控制器等部件，可以以通用集成电路，如中央处理器（Central Processing Unit, CPU），或以专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit, ASIC）来实现。

以上所揭露的仅为本发明具体实施例而已，当然不能以此来限定本发明之权利范围，因此依本发明权利要求所作的等同变化，仍属本发明所涵盖的范围。

权 利 要 求

1、一种信号处理方法，其特征在于，包括：

发射机将待发送的 N 个脉冲幅度调制（PAM）符号映射到 K 个序列段上，每个所述序列段包括 M 个 PAM 符号，其中， M 大于或者等于 2， M 为每帧的时域符号个数， $K*M$ 大于或者等于 N ；

所述发射机将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射，使 $K*M$ 个 PAM 符号在 FBMC 系统中正交；

所述发射机针对每一个所述序列段，将经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换 DFT，获得 K 个序列段对应的离散频域信号；

所述发射机将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上，其中，每一个序列段的离散频域信号映射至每一个子载波的 M 个频点上；

所述发射机将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号，并将所述时域信号发送至接收机。

2、如权利要求 1 所述的方法，所述发射机将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号，包括：

所述发射机将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点映射至快速傅里叶逆变换 IFFT 映射频点；

所述发射机通过快速傅里叶逆变换，将所述 K 个子载波中每一个子载波映射的 IFFT 映射频点转换为时域信号。

3、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述发射机将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上，包括：

所述发射机利用频域滤波系数，将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上。

4、如权利要求 2 或 3 所述的方法，其特征在于，所述发射机将每一个所述

序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射之前,还包括:

所述发射机通过预编码矩阵,将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行预编码处理;

所述发射机将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射,包括:

所述发射机将每一个所述序列段中经过预编码处理后的 M 个 PAM 符号进行相位映射。

5、如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述预编码矩阵包括单位阵或者哈达码矩阵。

6、如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,若所述预编码矩阵为哈达码矩阵,所述经过预编码处理后的所述序列段中的 M 个 PAM 符号中每一个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至所述序列段对应的离散频域信号中至少一个频点。

7、如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,所述序列段的 M 个 PAM 符号中目标 PAM 符号携带导频信号,所述目标 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至所述序列段对应的离散频域信号中的目标频点;

所述序列段的 M 个 PAM 符号中除所述目标 PAM 符号外的所有 PAM 符号经过离散傅里叶变换后未映射至所述目标频点。

8、如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,若所述待发送的 PAM 符号携带窄带物联网信号或者毫米波频段信号,所述待发送的 PAM 符号序列包括一个序列段,所述序列段的 M 个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后的离散频域信号映射至一个子载波上。

9、一种信号处理方法,其特征在于,包括:

接收机接收发射机发送的时域信号,并通过快速傅里叶变换 FFT 将所述时域信号转换为频域信号,所述频域信号包括 K 个子载波的频点,每个所述子

载波包括 M 个频点;

所述接收机对所述 K 个子载波中每一个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号, 所述 K 为所述发射机划分 N 个 PAM 符号时的序列段数目;

所述接收机对所述 K 个序列段中每一个序列段对应的 M 个离散频域信号进行离散傅里叶逆变换 IDFT, 获得所述 K 个序列段对应的离散时域信号;

所述接收机对所述 K 个序列段对应的离散时域信号反向相位映射, 所述反向相位映射是根据所述发射机对每一个所述序列段中的 M 个待发送的 PAM 符号进行的相位映射所做的反向相位映射;

所述接收机将反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号。

10、如权利要求 9 所述的方法, 其特征在于, 若所述发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理;

所述接收机将反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号之前, 还包括:

所述接收机对反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号进行解预编码处理;

所述接收机将反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号, 包括:

所述接收机将经过解预编码处理以及反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号。

11、一种发射机, 其特征在于, 包括:

资源映射模块, 用于将待发送的 N 个 PAM 符号映射到 K 个序列段上, 每个所述序列段包括 M 个 PAM 符号, 其中, M 大于或者等于 2, M 为每帧的时域符号个数, $K \cdot M$ 大于或者等于 N ;

相位映射模块, 用于将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行相位映射处理, 使 $K \cdot M$ 个 PAM 符号在 FBMC 系统中正交;

DFT 模块, 用于针对每一个所述序列段, 将经过相位映射处理后的 M 个 PAM 符号进行离散傅里叶变换, 获得 K 个序列段对应的离散频域信号;

频域滤波模块, 用于将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上, 其中, 每一个序列段的离散频域信号映射至每一个子载波的 M 个频点上;

转换模块, 用于将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点转换为时域信号, 并将所述时域信号发送至接收机。

12、如权利要求 11 所述的发射机, 其特征在于, 所述转换模块包括:

映射模块, 用于将所述 K 个子载波中每一个子载波的频点映射至快速傅里叶逆变换 IFFT 映射频点;

IFFT 模块, 用于通过快速傅里叶逆变换, 将所述 K 个子载波中每一个子载波映射的 IFFT 映射频点转换为时域信号。

13、如权利要求 11 所述的发射机, 其特征在于, 所述频域滤波模块具体用于利用频域滤波系数, 将每一个所述序列段对应的离散频域信号映射至各自对应的子载波上。

14、如权利要求 12 或 13 所述的发射机, 其特征在于, 所述发射机还包括:

预编码模块, 用于通过预编码矩阵, 将每一个所述序列段中的 M 个 PAM 符号进行预编码处理;

所述相位映射模块具体用于将每一个所述序列段中经过预编码处理后的 M 个 PAM 符号进行相位映射。

15、如权利要求 14 所述的发射机, 其特征在于, 所述预编码矩阵包括单位阵或者哈达码矩阵。

16、如权利要求 15 所述的发射机, 其特征在于, 若所述预编码矩阵为哈达码矩阵, 所述经过预编码处理后的所述序列段中的 M 个 PAM 符号中每一个

PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至所述序列段对应的离散频域信号中至少一个频点。

17、如权利要求 16 所述的发射机，其特征在于，所述序列段的 M 个 PAM 符号中目标 PAM 符号携带导频信号，所述目标 PAM 符号经过离散傅里叶变换后映射至所述序列段对应的离散频域信号中的目标频点；

所述序列段的 M 个 PAM 符号中除所述目标 PAM 符号外的所有 PAM 符号经过离散傅里叶变换后未映射至所述目标频点。

18、如权利要求 11 所述的发射机，其特征在于，若所述待发送的 PAM 符号携带窄带物联网信号或者毫米波频段信号，所述待发送的 PAM 符号序列包括一个序列段，所述序列段的 M 个 PAM 符号经过离散傅里叶变换后的离散频域信号映射至一个子载波上。

19、一种接收机，其特征在于，包括：

FFT 模块，用于接收发射机发送的时域信号，并通过快速傅里叶变换 FFT 将所述时域信号转换为频域信号，所述频域信号包括 K 个子载波的频点，每个所述子载波包括 M 个频点；

匹配滤波模块，用于对所述 K 个子载波中每一个子载波的 M 个频点进行频域匹配滤波，获得 K 个序列段对应的离散频域信号，所述 K 为所述发射机划分 N 个 PAM 符号时的序列段数目；

IDFT 模块，用于对所述 K 个序列段中每一个序列段对应的 M 个离散频域信号进行离散傅里叶逆变换 IDFT，获得所述 K 个序列段对应的离散时域信号；

反向相位映射模块，用于对所述 K 个序列段对应的离散时域信号反向相位映射，所述反向相位映射是根据所述发射机对每一个所述序列段中的 M 个待发送的 PAM 符号进行的相位映射所做的反向相位映射；

确定模块，用于将反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号。

20、如权利要求 19 所述的接收机，其特征在于，若所述发射机在发送 PAM 符号之前进行了预编码处理；所述接收机还包括：

解预编码模块，用于对反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号进行解预编码处理；

所述确定模块具体用于将经过解预编码处理以及反向相位映射处理后的所述 K 个序列段对应的离散时域信号中的实部确定为所述发射机发送的 PAM 符号。

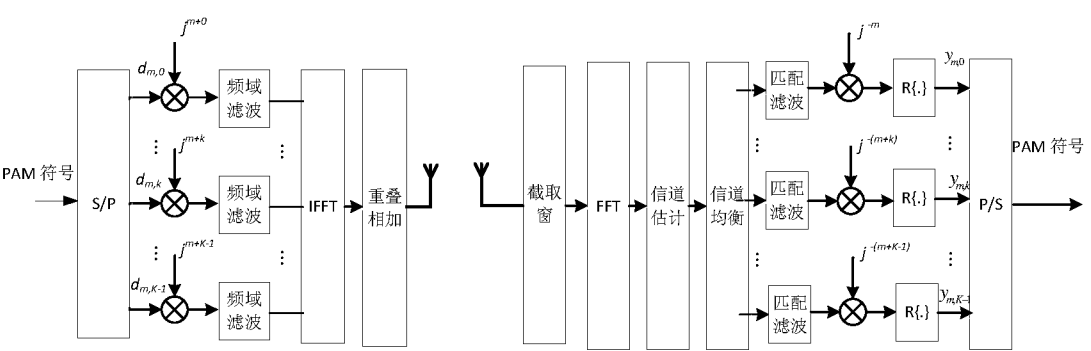


图 1

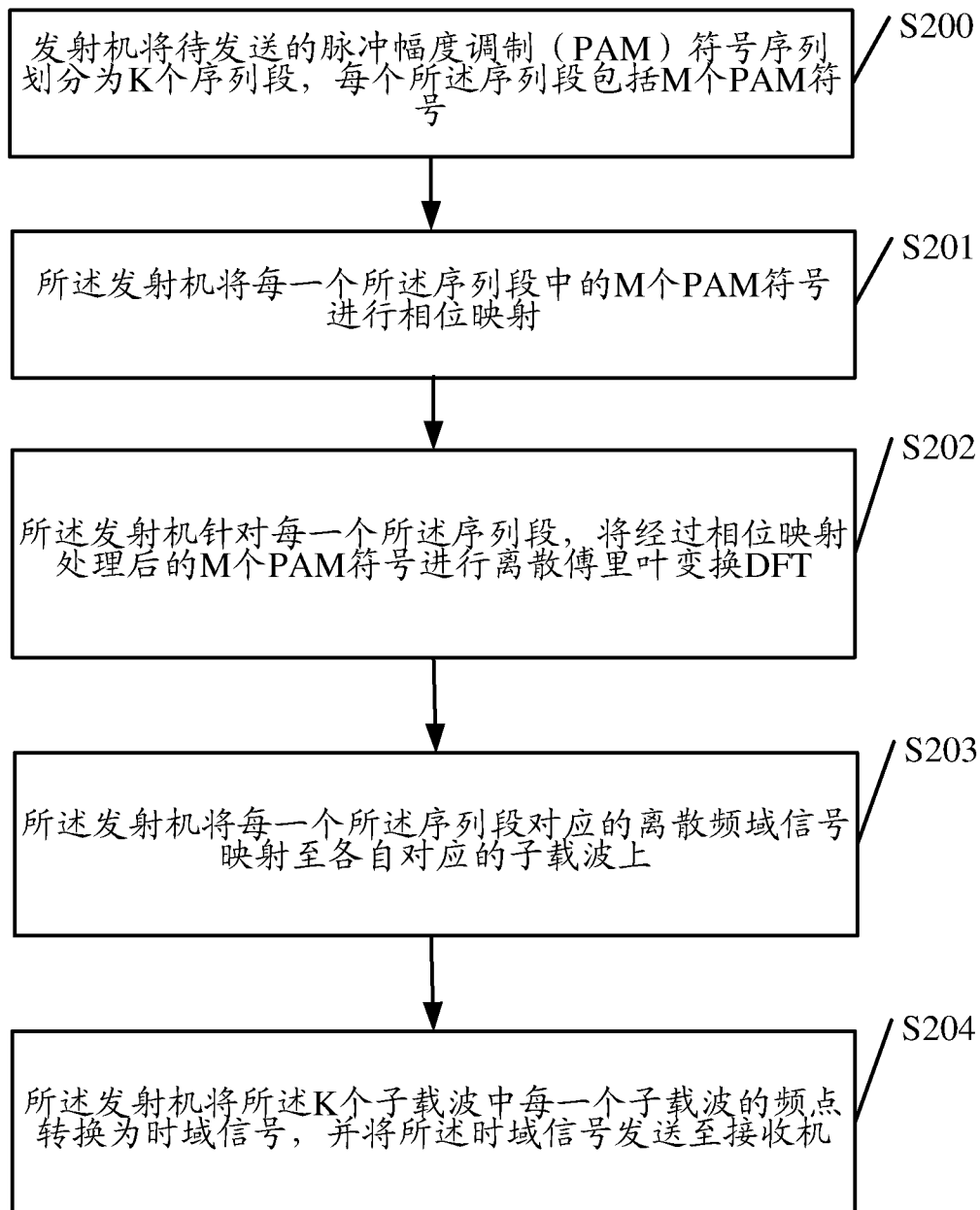


图 2

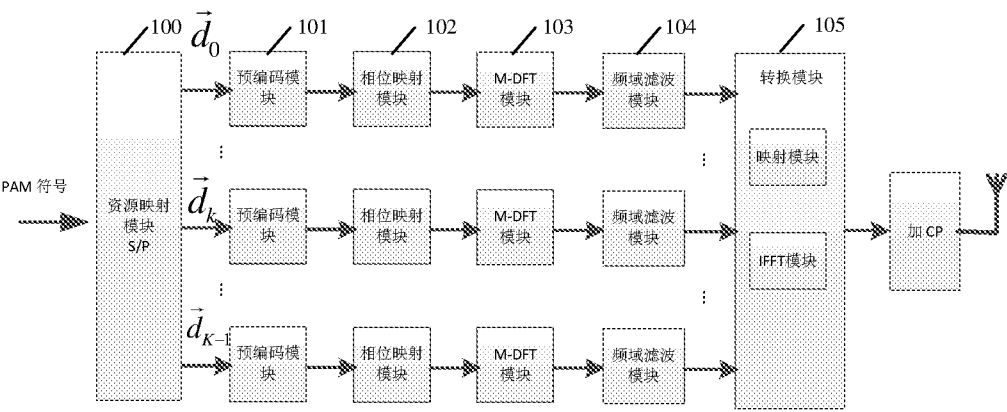


图 3

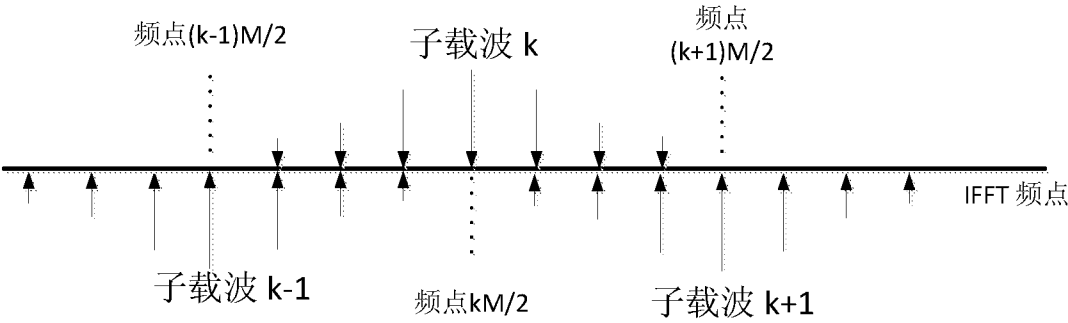


图 4

	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Yap0	1	0	$4.0x_1 + 4.0$	$4.0 - 4.0x_1$	0	0	0	0
Yap1	1	0	0	0	$4.0x_1 + 2.0$	$2.0 - 0.87x_1$	$4.0 - 2.0x_1$	$-2.0x_1 - 0.87$
Yap2	0	0	0	0	0	0	0	0
Yap3	1	0	0	0	$2.0 - 4.0x_1$	$0.87x_1 + 2.0$	$2.0x_1 + 4.0$	$2.0x_1 - 0.87$
Yap4	1	0	$4.0 - 4.0x_1$	$4.0x_1 + 4.0$	0	0	0	0
Yap5	1	0	0	0	$2.0 - 0.87x_1$	$4.0x_1 + 2.0$	$-2.0x_1 - 0.87$	$4.0 - 2.0x_1$
Yap6	1	0	0	0	0	0	0	0
Yap7	1	0	0	0	$0.87x_1 + 2.0$	$2.0 - 4.0x_1$	$2.0x_1 - 0.87$	$2.0x_1 + 4.0$

图 5

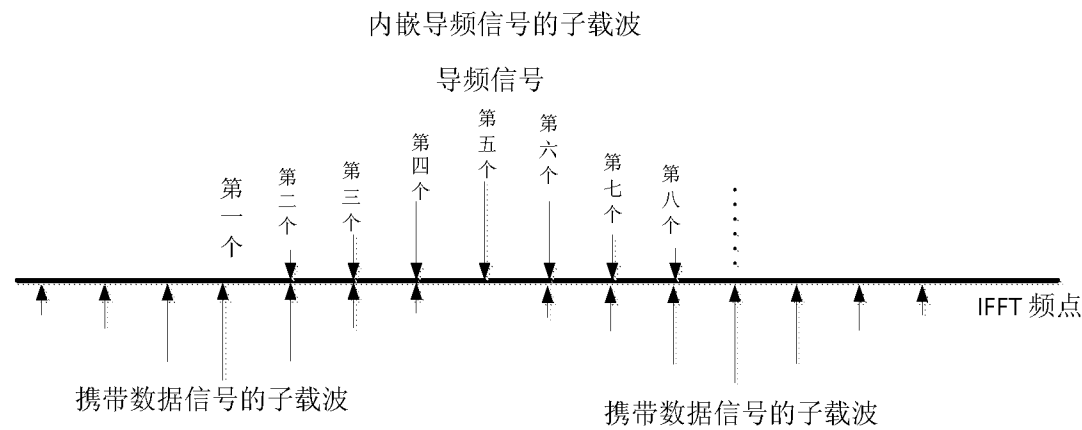


图 6

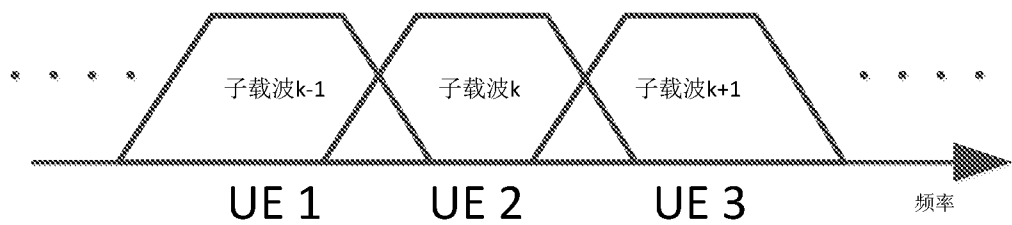


图 7

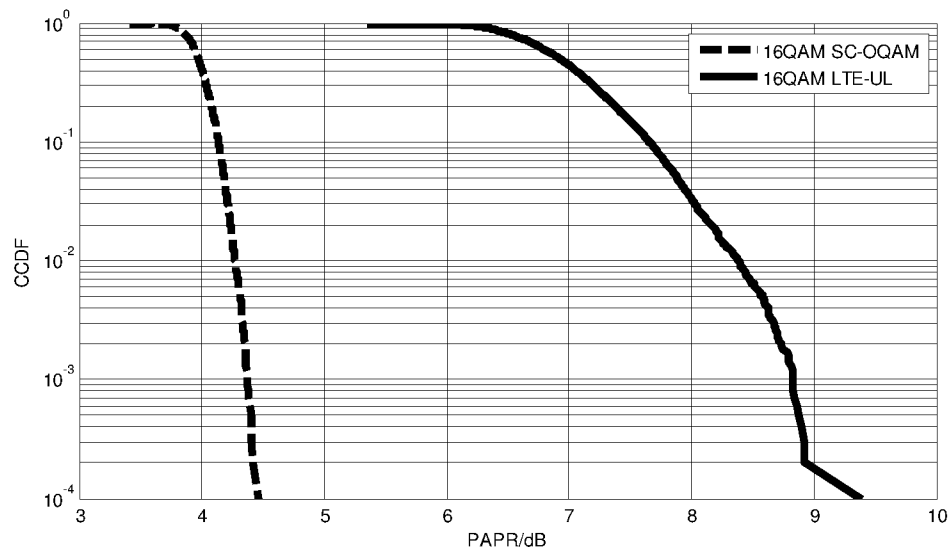


图 8

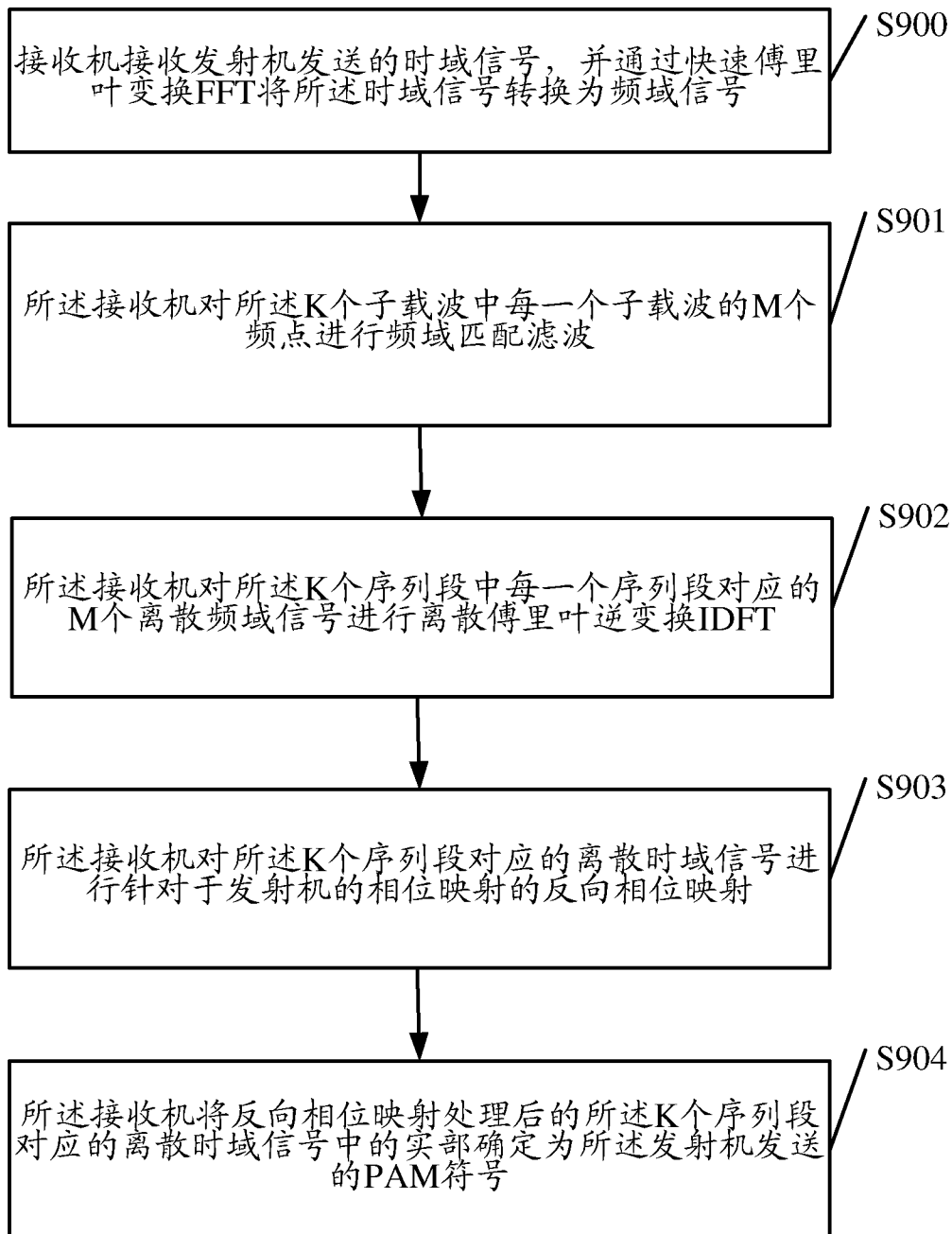


图 9

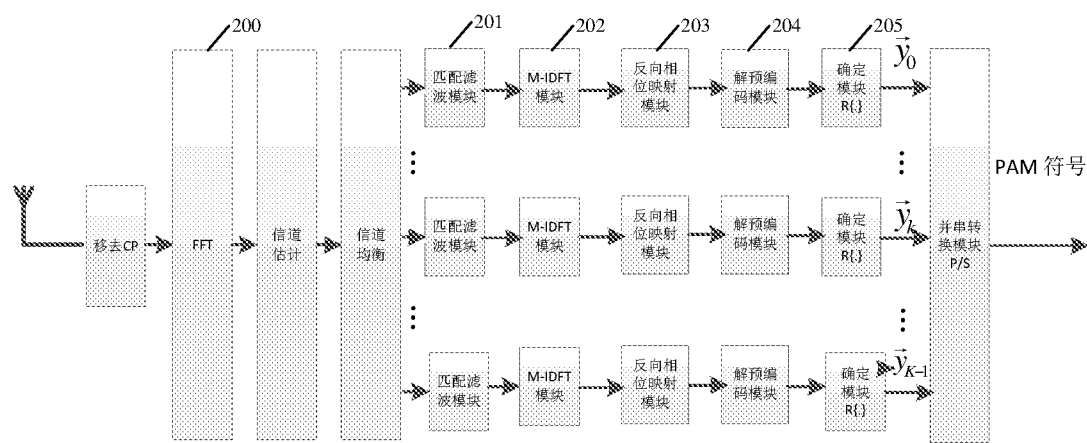


图 10

1000

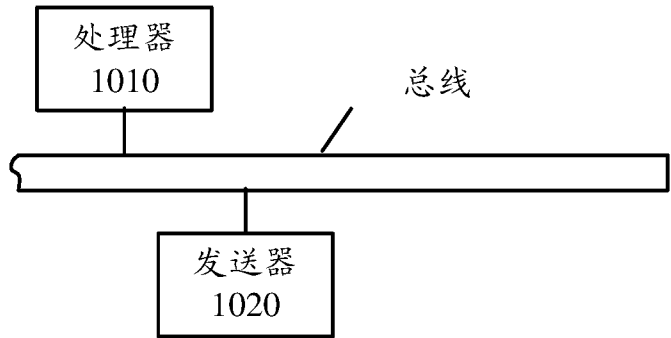


图 11

2000

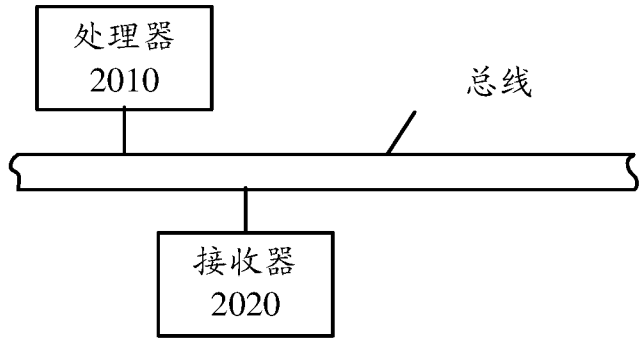


图 12

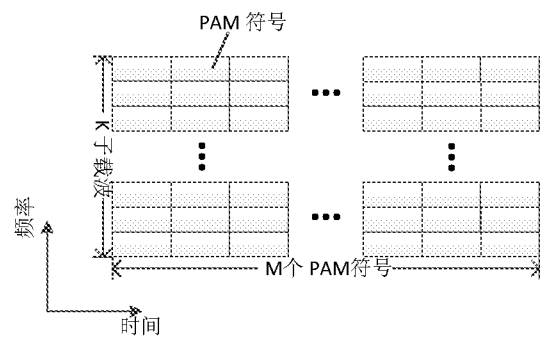


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/099250

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 27/10 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: filter bank based multicarrier, pulse amplitude modulation, amplitude modulation, time domain, frequency domain, Fourier transform, send, receive, FBMC, PAM, AM, time, frequency, DFT, FFT

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104954300 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA), 13 September 2015 (13.09.2015), description, paragraphs [0009]-[0043]	1-20
A	CN 101867547 A (UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY BEIJING), 20 October 2010 (20.10.2010), the whole document	1-20
A	CN 104981022 A (BEIJING SAMSUNG COMMUNICATION TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE et al.), 14 October 2015 (14.10.2015), the whole document	1-20
A	US 2014348268 A1 (ORANGE), 27 November 2014 (27.11.2014), the whole document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 11 August 2016 (11.08.2016)	Date of mailing of the international search report 26 August 2016 (26.08.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Yinghao Telephone No.: (86-10) 62413309

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/099250

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104954300 A	30 September 2015	None	
CN 101867547 A	20 October 2010	None	
CN 104981022 A	14 October 2015	US 2015289292 A1	08 October 2015
		KR 20150115685 A	14 October 2015
US 2014348268 A1	27 November 2014	FR 2985877 A1	19 July 2013
		WO 2013104860 A1	18 July 2013
		CN 104081738 A	01 October 2014
		EP 2803174 A1	19 November 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/099250

A. 主题的分类 H04L 27/10 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H04L 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 发射, 接收, 滤波器组多载波, 脉冲幅度调制, 调幅, 时域, 频域, 傅里叶变换, send, receive, FBMC, PAM, AM, time, frequency, DFT, FFT																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 104954300 A (电子科技大学) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30) 说明书第[0009]-[0043]段</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101867547 A (北京科技大学) 2010年 10月 20日 (2010 - 10 - 20) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104981022 A (北京三星通信技术研究有限公司等) 2015年 10月 14日 (2015 - 10 - 14) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014348268 A1 (ORANGE) 2014年 11月 27日 (2014 - 11 - 27) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 104954300 A (电子科技大学) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30) 说明书第[0009]-[0043]段	1-20	A	CN 101867547 A (北京科技大学) 2010年 10月 20日 (2010 - 10 - 20) 全文	1-20	A	CN 104981022 A (北京三星通信技术研究有限公司等) 2015年 10月 14日 (2015 - 10 - 14) 全文	1-20	A	US 2014348268 A1 (ORANGE) 2014年 11月 27日 (2014 - 11 - 27) 全文	1-20
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN 104954300 A (电子科技大学) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30) 说明书第[0009]-[0043]段	1-20															
A	CN 101867547 A (北京科技大学) 2010年 10月 20日 (2010 - 10 - 20) 全文	1-20															
A	CN 104981022 A (北京三星通信技术研究有限公司等) 2015年 10月 14日 (2015 - 10 - 14) 全文	1-20															
A	US 2014348268 A1 (ORANGE) 2014年 11月 27日 (2014 - 11 - 27) 全文	1-20															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: “ A ” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “ E ” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “ L ” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “ O ” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “ P ” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “ T ” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “ X ” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “ Y ” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “ & ” 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2016年 8月 11日		国际检索报告邮寄日期 2016年 8月 26日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		授权官员 张颖浩 电话号码 (86-10) 62413309															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/099250

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104954300	A	2015年 9月 30日	无			
CN	101867547	A	2010年 10月 20日	无			
CN	104981022	A	2015年 10月 14日	US	2015289292	A1	2015年 10月 8日
				KR	20150115685	A	2015年 10月 14日
US	2014348268	A1	2014年 11月 27日	FR	2985877	A1	2013年 7月 19日
				WO	2013104860	A1	2013年 7月 18日
				CN	104081738	A	2014年 10月 1日
				EP	2803174	A1	2014年 11月 19日