(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2019 年 10 月 31 日 (31.10.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/206331 A1

(51) 国际专利分类号:
H04L 25/03 (2006.01) *H04L 9/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/084793

(22) 国际申请日: 2019 年 4 月 28 日 (28.04.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201810394093.9 2018年4月27日 (27.04.2018) CN

(71) 申请人: 西安理工大学 (XI'AN UNIVERISTY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国陕西省西安市金花南路5号, Shaanxi 710048 (CN)。

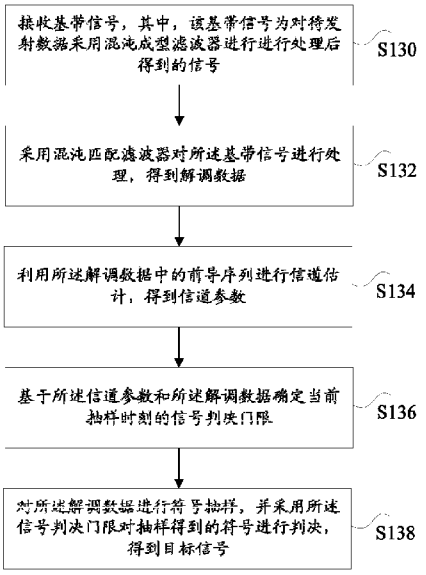
(72) 发明人: 任海鹏 (REN, Haipeng); 中国陕西省西安市金花南路5号, Shaanxi 710048 (CN)。 姚俊良 (YAO, Junliang); 中国陕西省西安市金花南路5号, Shaanxi 710048 (CN)。 白超 (BAI, Chao); 中国陕西省西安市金花南路5号, Shaanxi 710048 (CN)。

(74) 代理人: 北京康信知识产权代理有限责任公司 (KANGXIN PARTNERS, P.C.); 中国北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦A座16层, Beijing 100098 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** WIRELESS COMMUNICATION METHOD BASED ON CHAOTIC MOULDING AND CHAOTIC MATCHED FILTER

(54) 发明名称: 一种基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法



S130 RECEIVE A BASEBAND SIGNAL, WHEREIN THE BASEBAND SIGNAL IS A SIGNAL OBTAINED AFTER USING A CHAOTIC MOULDING FILTER TO PROCESS DATA TO BE EMITTED

S132 PROCESS THE BASEBAND SIGNAL USING THE CHAOTIC MOULDING FILTER TO OBTAIN DEMODULATED DATA

S134 CONDUCT CHANNEL ESTIMATION USING A PREAMBLE SEQUENCE IN THE DEMODULATED DATA TO OBTAIN A CHANNEL PARAMETER

S136 DETERMINE A SIGNAL JUDGMENT THRESHOLD OF A CURRENT SAMPLING MOMENT BASED ON THE CHANNEL PARAMETER AND THE DEMODULATED DATA

S138 CONDUCT CHARACTER SAMPLING ON THE DEMODULATED DATA, AND USE THE SIGNAL JUDGMENT THRESHOLD TO MAKE JUDGMENT OF A CHARACTER OBTAINED BY THE SAMPLING, TO OBTAIN A TARGET SIGNAL

图 13

(57) **Abstract:** Disclosed is a wireless communication method based on chaotic moulding and a chaotic matched filter. The method comprises: 1) preparing data to be emitted; 2) conducting chaotic moulding filtering on a numeric character to be emitted to generate a baseband signal; 3) emitting and transmitting the baseband signal using a radio frequency module and emission antenna of a conventional wireless communication system; 4) receiving a wireless signal using a conventional receiving antenna, and removing a carrier frequency from the received signal to obtain the received baseband signal; 5) performing chaotic matched filtering on the received baseband signal; 6) wireless channel estimation and calculating a judgment threshold for eliminating multi-path interference; and 7) sampling and judgment of an output signal of the matched filtering, wherein character sampling is conducted on an output signal of the chaotic matched filter in step 5), and judgment is made of a sampled signal using the judgment threshold calculated in step 6), to obtain a decoded output signal.

WO 2019/206331 A1

[见续页]

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：本申请实施例公开了一种基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法。其中，该方法包括：1)准备待发射数据；2)对待发射数字符号进行混沌成型滤波生成基带信号；3)利用传统无线通信系统的射频模块和发射天线对基带信号进行发射和传输；4)利用传统接收天线进行无线信号接收，并将接收信号去载频，得到接收基带信号；5)对接收到的基带信号进行混沌匹配滤波；6)无线信道估计及消除多径干扰判决门限计算；7)匹配滤波输出信号的抽样判决，对步骤5)的混沌匹配滤波器输出信号进行符号抽样，采用步骤6)计算的判决门限对抽样信号进行判决，得到解码输出信号。

一种基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法

技术领域

本申请实施例属于无线通信技术领域，涉及一种基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法。

背景技术

由于无线信道中多径、多普勒效应和强噪声等物理特性的影响，与有线通信相比无线通信性能下降明显。最新研究结果表明混沌是最佳的通信波形，并且混沌信号能够克服无线信道多径等因素的影响，更加适合无线通信应用。但混沌信号具有宽频谱特性，在传统无线通信系统中，受限于通信系统架构和天线的特性，信号发射难、硬件复杂度高、收发端同步性能差，无线通信系统的安全性和鲁棒性不足，无线信道中传输混沌信号很难实现。

发明内容

本申请实施例目的在于提供一种基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，解决了宽频混沌信号在传统无线通信平台上实现时，存在的信号发射难、硬件复杂度高、收发端同步性能差，安全性和鲁棒性不足的问题。

根据本申请实施例的一个方面，提供了一种数据发送方法，包括：获取待发射数据；对所述待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号；发送所述基带信号。

可选地，对所述待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号，包括：采用以下公式生成所述基带信号：

$$x(t)=\sum_{m=\lfloor t\rfloor}^{\lfloor t\rfloor+N_p} s_m\cdot p(t-m),$$

其中，t为时间变量，$\lfloor t\rfloor$表示对变量t进行向下取整运算，N_p是与混沌基函数相关的参数，m为变量循环序号，s_m表示第m个待发射符号，$p(t)$为混沌基函数。

可选地，$p(t)$的表达式如下：

$$p(t)=\begin{cases}\left(1-e^{-\beta}\right)e^{\beta t}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & t<0\\ 1-e^{\beta(t-1)}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & 0\le t<1\\ 0, & t\ge 1\end{cases},$$

其中，β和ω为混沌系统参数。

可选地，所述混沌成型滤波器包括：有限冲激响应滤波器，所述s_m为混沌成型滤波器的输入符号序列中的第m个元素；所述混沌成型滤波器的抽头数目为N_p+1，第n个抽头系数p_n表示如下：

$$p_n=p\left(t-\lfloor t\rfloor-N_p+n\right),\ n=0,1,\cdots,N_p,$$

其中，t为时间变量，$\lfloor t\rfloor$表示对变量t进行向下取整运算，N_p是与混沌基函数相关的参数。

可选地，N_p取值的原则是使得$p\left(t-N_p\right)$趋于0。

可选地，发送所述基带信号，包括：利用传统无线通信系统中的无线传输模块发送所述基带信号。

可选地，所述待发射数据包括：所述待发射数据采用数据帧结构，每帧分为前导序列和数据序列两部分，所述前导序列用于进行信道估计和帧同步，所述数据序列为待发送的有效数据。

根据本申请实施例的另一方面，提供了一种数据接收方法，包括：接收基带信号，其中，该基带信号为对待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理后得到的信号；采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，得到解调数据；利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数；基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限；对所述解调数据进行符号抽样，并采用所述信号判决门限对

抽样得到的符号进行判决，得到目标信号。

可选地，采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，包括：对所述基带信号进行混沌匹配滤波，得到所述混沌匹配滤波器的输出信号，从所述输出信号中提取数据，得到所述解调数据。

可选地，所述输出信号为：$y(t)=\sum_{m=\lceil t\rceil-N_C N_p}^{\lceil t\rceil} r(m)g(t-m)$，

其中，$y(t)$为输出信号，t为时间变量，$\lceil t\rceil$表示对变量t进行向上取整运算，N_C表示混沌符号过采样率，$r(m)$为所述混沌匹配滤波器输入信号序列的第m个元素，$g(t)$为混沌基函数的时间逆函数，即$g(t)=p(-t)$，

可选地，所述混沌匹配滤波器采用有限冲激响应滤波器的结构。

可选地，利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数包括：采用最小二乘法对所述前导序列进行信道估计，得到信道参数τ_l和α_l，其中l为多径序号，τ_l和α_l分别为第l条多径的延迟时间和衰减系数。

基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限，包括：采用以下公式计算信号判决门限：

$$\theta_n=\sum_{l=0}^{L-1}\sum_{i=\lceil-\tau_l\rceil}^{-1}s_{n+i}C_{l,i}$$，

其中，s_{n+i}为第$n+i$个抽样时刻的符号，L为多径数量，i为符号循环的变量，第l条多径的第i个符号对当前时刻的码间干扰$C_{l,i}$计算如下：

$$C_{l,i}=a_l\int_{\tau=-\infty}^{\infty}p(\tau)p(\tau+\tau_l+i)d\tau$$。

可选地，若第n个抽样时刻的抽样信号表示为y_n，则该时刻信号判决如下：

$$s_n=\begin{cases}1, & (y_n\geq\theta_n)\\ -1, & (y_n<\theta_n)\end{cases}$$，其中，θ_n为信号判决门限

根据本申请实施例的另一方面，提供了一种数据发送装置，包括：获取模块，用

于获取待发射数据；处理模块，用于对所述待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号；发送模块，用于发送所述基带信号。

根据本申请实施例的另一方面，提供了一种数据接收装置，包括：接收模块，用于接收基带信号，其中，该基带信号为对待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理后得到的信号；处理模块，用于采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，得到解调数据；信道估计模块，用于利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数；确定模块，用于基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限；判决模块，用于对所述解调数据进行符号抽样，并采用所述信号判决门限对抽样得到的符号进行判决，得到目标信号。

本申请实施例所采用的技术方案是，一种基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，按照以下步骤实施：

步骤 1）准备待发射数据，

待发射数据采用数据帧结构，每帧分为前导序列和数据序列两部分，前导序列目的是进行信道估计和帧同步，数据序列为发送的有效数据；

步骤 2）对待发射数字符号进行混沌成型滤波生成基带信号，

利用混沌成型滤波器生成的基带信号表示如下：

$$x(t)=\sum_{m=\lfloor t\rfloor}^{\lfloor t\rfloor+N_p} s_m\cdot p(t-m),$$

其中，t 为时间变量，$\lfloor t\rfloor$ 表示对变量 t 进行向下取整运算，N_p 是与混沌基函数相关的参数，m 为变量循环序号，s_m 表示第 m 个待发射符号，混沌基函数 $p(t)$ 的表达式如下：

$$p(t)=\begin{cases}\left(1-e^{-\beta}\right)e^{\beta t}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & t<0\\ 1-e^{\beta(t-1)}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & 0\le t<1\\ 0, & t\ge 1\end{cases},$$

其中，β和ω为混沌系统参数;

步骤 3）利用传统无线通信系统的射频模块和发射天线对基带信号进行发射和传输;

步骤 4）利用传统接收天线进行无线信号接收，并将接收信号去载频，得到接收基带信号;

步骤 5）对接收到的基带信号进行混沌匹配滤波，

混沌匹配滤波器的输出信号为:

$$y(t)=\sum_{m=\lceil t\rceil-N_C N_p}^{\lceil t\rceil} r(m)g(t-m),$$

其中，$y(t)$为输出信号，t为时间变量，$\lceil t\rceil$表示对变量t进行向上取整运算，N_C表示混沌符号过采样率，$r(m)$为所述混沌匹配滤波器输入信号序列的第m个元素，$g(t)$为混沌基函数的时间逆函数，即$g(t)=p(-t)$，

匹配滤波器采用有限冲激响应滤波器结构，抽头数目为$N_C N_p+1$，第m个抽头系数g_m表示如下:

$$g_m=g(t-\lceil t\rceil+m),\quad m=0,1,\cdots,N_C N_p$$

步骤 6）无线信道估计及消除多径干扰判决门限计算，

利用前导序列和信道估计算法，对无线信道的时延和衰落参数进行估计；利用估计的信道参数，结合混沌特性和已解调符号，计算当前时刻的信号判决门限;

对于包含L径的无线信道，估计得到的第l径信道的时延和衰落系数分别为τ_l和α_l，$l=0,1,2,...,L-1$，仅在L个多径时延点处存在响应值，信道冲激响应表示为$h(t)=\sum_{l=0}^{L-1}\alpha_l\delta(t-\tau_l)$，其中$\delta(t)$为单位冲激响应，$\tau_l$和$\alpha_l$为信道参数;

步骤 7）匹配滤波输出信号的抽样判决，

对步骤 5）的混沌匹配滤波器输出信号进行符号抽样，采用步骤 6）计算的判决门

限对抽样信号进行判决，得到解码输出信号。

本申请实施例的有益效果是，采用混沌成型滤波器形成基带信号，与之相匹配的混沌匹配滤波器用于降低噪声的影响，以提升传统无线通信系统安全性和鲁棒性，能够在传统的无线数字通信系统中，实现混沌信号的发射和接收，具体优点包括:

1）通过使用混沌基带信号代替传统的混沌载波信号，大大降低信号带宽，更加适于带宽受限的无线通信应用，解决了混沌应用于无线通信的最大难题。

2）在混沌波形的生成过程中，利用成型滤波器代替传统的脉冲控制方法。在数字电路中采用有限冲激响应滤波器来实现所需的成型滤波器，从而简化了混沌波形生成的软硬件复杂度。

3）接收端采用相应的匹配滤波器对接收的混沌信号进行处理，能够最大化系统的接收信噪比性能，同时避免了传统混沌通信所需要的复杂同步。

4）接收端基于信号的混沌特性，采用合理设置的判决门限进行符号判决，有效抑制无线多径引入的码间干扰，避免了传统无线通信所需的信道均衡。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本申请实施例的进一步理解，构成本申请的一部分，本申请实施例的示意性及其说明用于解释本申请实施例，并不构成对本申请实施例的不当限定。在附图中:

图 1 是本申请实施例方法采用的混沌发射结构实现框图;

图 2 是本申请实施例方法采用的混沌接收结构实现框图;

图 3 是本申请实施例方法的系统数据帧结构;

图 4 是本申请实施例方法设计的混沌成型滤波器实现框图;

图 5 是本申请实施例方法设计的混沌匹配滤波器实现框图;

图 6 是本申请实施例方法实验一场景测试照片;

图 7 是本申请实施例方法实验一场景的归一化信道系数;

图 8 是本申请实施例方法实验一场景下，本申请实施例方法和传统非混沌方法不同发射功率情况下的误码率变化曲线;

图 9 是本申请实施例方法实验二场景测试照片;

图 10 是本申请实施例方法实验二场景的归一化信道系数;

图 11 是本申请实施例方法实验二场景下，本申请实施例方法和传统非混沌方法不同发射功率情况下的误码率变化曲线。

具体实施方式

图 1 为本申请实施例方法采用的混沌发射结构（混沌无线通信系统发射机）原理框图，包含星座图映射、混沌成型滤波（采用混沌成型滤波器）、数字上载波、数模转换、模拟上载波五部分。上述混沌发射结构与传统无线数字通信发射机结构的区别在于增加了一对混沌成型滤波器，图 1 中，输入端口 A、B、C 和 D 的信号分别表示为 S_A、S_B、X_C 和 X_D；端口 B 和端口 C 之间的上下两条通路分别为数字基带调制后的同相信号通路和正交信号通路，因此，S_B^i 和 S_B^q 为端口 B 信号 S_B 的同相分量和正交分量，X_C^i 和 X_C^q 为端口 C 信号 X_C 的同相分量和正交分量。混沌成型滤波器的设计和实现在后续步骤中进行详细描述。

图 2 为本申请实施例方法采用的混沌接收结构（混沌无线通信系统接收机）原理框图。图 2 相当于图 1 的逆过程，包含模拟下载波、模数转换、数字下载波、混沌匹配滤波（采用混沌匹配滤波器）、采样判决和星座图逆映射六部分。图 2 中，输入端口 A'、B'、C'、D' 和 E' 的信号分别表示为 Y_A、Y_B、Y_C、Y_D 和 Y_E；端口 B' 和端口 D' 之间的上下两条通路分别为数字基带信号的同相信号通路和正交信号通路，Y_B^i 和 Y_B^q 为端口 B' 信号 Y_B 的同相分量和正交分量，Y_C^i 和 Y_C^q 为端口 C' 信号 Y_C 的同相分量和正交分量，Y_D^i 和 Y_D^q 为端口 D' 信号 Y_D 的同相分量和正交分量。混沌匹配滤波器的设计实现以及抽样判决方法在后续步骤中详述。

基于上述的收发信机结构，本申请实施例基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，按照以下步骤具体实施:

步骤 1）准备待发射数据，

如图 3，待发射数据采用数据帧结构，每帧分为前导序列和数据序列两部分，前导序列用于进行信道估计和帧同步，数据序列为发送的有效数据；根据实际情况，还

需要对待发射数据进行数字基带调制（星座图映射）。

步骤 2）对待发射数字符号进行混沌成型滤波生成基带信号，

利用混沌成型滤波器生成的基带信号表示如下：

$$x(t)=\sum_{m=\lfloor t\rfloor}^{\lfloor t\rfloor+N_p} s_m\cdot p(t-m), \qquad (1)$$

其中，t为时间变量，$\lfloor t\rfloor$表示对变量t进行向下取整运算，N_p是与混沌基函数相关的参数，m为变量循环序号，s_m表示第m个待发射符号，混沌基函数$p(t)$的表达式如下：

$$p(t)=\begin{cases}\left(1-e^{-\beta}\right)e^{\beta t}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & t<0\\ 1-e^{\beta(t-1)}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & 0\le t<1\\ 0, & t\ge 1\end{cases}, \qquad (2)$$

其中，β和ω为参数，取值需要根据通信系统的要求来确定，一般情况下$\beta=\ln 2$，$\omega=2\pi$。

具体数字实现时，混沌成型滤波器采用有限冲激响应滤波器的结构，实现框图如图 4。图中S为混沌成型滤波器的输入符号序列，s_m为序列的第m个元素，Z_1^{-1}为该混沌成型滤波器输入序列单位符号的时延；混沌成型滤波器的抽头数目为N_p+1，从左至右的抽头系数分别表示为$p_0,p_1,\cdots,p_{N_p}$，第n个抽头系数p_n表示如下：

$$p_n=p\left(t-\lfloor t\rfloor-N_p+n\right),\ n=0,1,\cdots,N_p \qquad (3)$$

对于上述混沌成型滤波器，N_p的取值越大，滤波性能越好，但算法复杂度也越高，所以本步骤中N_p取值的原则是使得$p\left(t-N_p\right)$趋于 0，其中$p\left(t-N_p\right)$是$t-N_p$时刻混沌基函数的状态值，按照混沌基函数表达式，可以取$N_p=6$满足要求。

步骤 3）利用传统无线通信系统的射频模块和发射天线对基带信号进行发射和传输；

步骤 4）利用传统接收天线进行无线信号接收，并将接收信号去载频，接收得到基带信号；

步骤 5）对接收到的基带信号进行混沌匹配滤波，

混沌匹配滤波器的输出信号为：

$$y(t)=\sum_{m=\lceil t\rceil-N_C N_p}^{\lceil t\rceil} r(m)g(t-m), \qquad (4)$$

其中，$y(t)$为输出信号，t为时间变量，$\lceil t\rceil$表示对变量t进行向上取整运算，N_C表示混沌符号过采样率，$r(m)$为所述混沌匹配滤波器输入信号序列的第m个元素，$g(t)$为混沌基函数的时间逆函数，即$g(t)=p(-t)$，

匹配滤波器采用有限冲激响应滤波器结构，抽头数目为$N_C N_p+1$，第m个抽头系数g_m表示如下：

$$g_m=g(t-\lceil t\rceil+m), \quad m=0,1,\cdots,N_C N_p$$

具体数字实现时，混沌匹配滤波器采用有限冲激响应滤波器结构，实现框图如图5，图5中$R=[\cdots,r(m),\cdots,r(2),r(1)]$为混沌匹配滤波器的输入符号序列，$Z_2^{-1}$为输入序列单位符号的时延；混沌匹配滤波器的抽头数目为$N_C N_p+1$，其中N_C表示混沌符号过采样率，从左至右的抽头系数分别表示为$g_0,g_1,\cdots,g_{N_C N_p}$，第$m$个抽头系数$g_m$表示如下：

$$g_m=g(t-\lceil t\rceil+m), \quad m=0,1,\cdots,N_C N_p \qquad (5)$$

步骤 6）无线信道估计及消除多径干扰判决门限计算，

利用前导序列和信道估计算法，对无线信道的时延和衰落参数进行估计；利用估计的信道参数，结合混沌特性和已解调符号，计算当前时刻的信号判决门限；若实际

的无线多径信道包含L条多径，估计得到的第l径信道的时延和衰落系数分别为τ_l和α_l，$l=0,1,2,...,L-1$，仅在L个多径时延点处存在响应值，信道冲激响应表示为$h(t)=\sum_{l=0}^{L-1}\alpha_l\delta(t-\tau_l)$，其中$\delta(t)$为单位冲激响应，$\tau_l$和$\alpha_l$为信道参数，具体估计信道参数采用最小二乘方法，利用估计的信道参数τ_l和α_l，其中l为多径序号，τ_l和α_l分别为第l条多径的延迟时间和衰减系数。对步骤 5）的匹配滤波输出信号$y(t)$进行抽样，第n个抽样时刻的判决门限计算如下:

$$\theta_n=\sum_{l=0}^{L-1}\sum_{i=\lceil-\tau_l\rceil}^{-1}s_{n+i}C_{l,i}\,, \qquad (6)$$

其中，s_{n+i}为第$n+i$个抽样时刻的符号，L为多径数量，i为符号循环的变量，由于式（7）中变量$i\le-1$，因此在第n个抽样时刻，s_{n+i}的取值都已知。第l条多径的第i个符号对当前时刻的码间干扰$C_{l,i}$计算如下:

$$C_{l,i}=a_l\int_{\tau=-\infty}^{\infty}p(\tau)\,p(\tau+\tau_l+i)\,d\tau\,, \qquad (7)$$

上述判决门限，综合考虑了混沌系统特性和无线信道参数，能够有效降低无线多径传输引入的码间干扰，提升接收机误码率性能。

步骤 7）匹配滤波输出信号的抽样判决，

对步骤 5）的混沌匹配滤波器输出信号进行符号抽样，采用步骤 6）计算的判决门限对抽样信号进行判决，得到解码输出信号，

若第n个抽样时刻的抽样信号表示为y_n，则该时刻信号判决如下:

$$s_n=\begin{cases}1, & (y_n\ge\theta_n)\\ -1, & (y_n<\theta_n)\end{cases}。 \qquad (8)$$

本申请实施例的基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，利用混沌作为通信基带波形，利用传统正弦载波作为通信载波。为了与现有无线通信系统兼容，采用有限冲激响应滤波器结构来实现发射端混沌成型滤波器和接收端对应的混沌匹配滤波器，从而在获得混沌波形增益的同时，大大简化了系统实现复杂度。

本申请实施例还提供一种数据发送方法，如图 12 所示，该方法包括:

步骤 S120，获取待发射数据;

步骤 S122，对待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号;

步骤 S124，发送基带信号。

对待发射数据采用混沌成型滤波器进行对待发射数据进行处理，得到基带信号，包括：采用以下公式生成基带信号：$x(t)=\sum_{m=\lfloor t\rfloor}^{\lfloor t\rfloor+N_p} s_m\cdot p(t-m)$，

其中，t为时间变量，$\lfloor t\rfloor$表示对变量t进行向下取整运算，N_p是与混沌基函数相关的参数，m为变量循环序号，s_m表示第m个待发射符号，$p(t)$为混沌基函数。

其中，$p(t)$的表达式如下:

$$p(t)=\begin{cases}\left(1-e^{-\beta}\right)e^{\beta t}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & t<0\\ 1-e^{\beta(t-1)}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & 0\le t<1\\ 0, & t\ge 1\end{cases},$$

其中，β和ω为混沌系统参数。

上述实施例的优选实施方式可以参见上面的相关描述，此处不再赘述。

本申请实施例还提供一种数据接收方法，如图 13 所示，该方法包括:

步骤 S130，接收基带信号，其中，该基带信号为对待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理后得到的信号;

步骤 S132，采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，得到解调数据;

步骤 S134，利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数;

步骤 S136，基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限;

步骤 S138，对所述解调数据进行符号抽样，并采用所述信号判决门限对抽样得到

的符号进行判决，得到目标信号。

可选地，对所述基带信号按照下式进行混沌匹配滤波，得到所述混沌匹配滤波器的输出信号，从所述输出信号中提取数据，得到所述解调数据。其中，所述混沌匹配滤波器输出信号为:

$$y(t)=\sum_{m=\lceil t\rceil-N_C N_p}^{\lceil t\rceil} r(m)g(t-m),$$

其中，$y(t)$为输出信号，t为时间变量，$\lceil t\rceil$表示对变量t进行向上取整运算，N_C表示混沌符号过采样率，$r(m)$为所述混沌匹配滤波器输入信号序列的第m个元素，$g(t)$为混沌基函数的时间逆函数，即$g(t)=p(-t)$。

本申请实施例提供一种数据发送装置，该装置用于实现图 12 所示方法，如图 14 所示，该装置包括:

获取模块 140，用于获取待发射数据;

处理模块 142，用于对所述待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号;

发送模块 144，用于发送所述基带信号。

本申请实施例提供一种数据接收装置，该装置用于实现图 13 所示方法，如图 15 所示，该装置包括:

接收模块 150，用于接收基带信号，其中，该基带信号为对待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理后得到的信号;

处理模块 152，用于采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，得到解调数据;

信道估计模块 154，用于利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数;

确定模块 156，用于基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限;

判决模块 158，用于对所述解调数据进行符号抽样，并采用所述信号判决门限对抽样得到的符号进行判决，得到目标信号。

实验验证:

在实际的无线信道环境下,对本申请实施例提出混沌无线通信方法进行性能验证。实验中的系统载波频率为 2.4GHz，系统带宽 20MHz，收发节点都采用单天线进行点对点传输。测试场景为大学校园近距离传输（传输距离 25~30 米），发射信号的时序结构和时域帧结构如图 3，验证结果是对 100 帧传输进行平均后得到的。共测试了四种方法的误码率（BER）性能，四种方法分别是判决门限为 0 的本申请实施例方法、判决门限为θ_n的本申请实施例方法、无信道均衡的传统非混沌方法和有信道均衡的传统非混沌方法，信道均衡采用最小均方误差算法。

实验一

图 6 为实验一场景的测试照片，图 6 中 TX 表示发射机，RX 表示接收机，收发端距离约 30 米，周围有很多建筑物和树木。利用前导序列和最小二程信道估计算法，图 7 给出了该场景的估计信道系数，图 7 中信道系数对首径进行了功率归一化，可以看出，该场景包含 3 条主径，信道系数分别为 1、0.31 和 0.17。通过调整发射端功率，四种算法接收误码率（BER, Bit Error Rate）随发射功率的变化曲线如图 8。可以看出判决门限为 0 的本申请实施例算法和无信道均衡的传统非混沌方法 BER 性能最差，采用 MMSE 信道均衡的传统非混沌方法性能有一定提升，而采用判决门限为θ_n的本申请实施例的方法有最好的性能。

实验二

图 9 为实验二场景的测试照片，图 9 中 TX 表示发射机，RX 表示接收机，收发端不存在视线传输，距离约 25 米。图 10 给出了该场景的归一化估计信道系数，可以看出，该场景包含 4 条主径，信道系数分别为 1、0.46、0.19 和 0.21。四种算法 BER 性能随发射功率的变化曲线如图 11。与场景一的测试结果类似，采用判决门限为θ_n的本申请实施例方法有最好的 BER 性能。

对比上述实验结果可见，在实际的无线传输场景中，本申请实施例方法相比传统方式有更好的误码率性能。

权 利 要 求 书

1. 一种数据发送方法，包括:

获取待发射数据;

对所述待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号;

发送所述基带信号。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，对所述待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号，包括：采用以下公式生成所述基带信号:

$$x(t)=\sum_{m=\lfloor t\rfloor}^{\lfloor t\rfloor+N_p} s_m\cdot p(t-m),$$

其中，t为时间变量，$\lfloor t\rfloor$表示对变量t进行向下取整运算，N_p是与混沌基函数相关的参数，m为变量循环序号，s_m表示第m个待发射符号，$p(t)$为混沌基函数。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，$p(t)$的表达式如下:

$$p(t)=\begin{cases}\left(1-e^{-\beta}\right)e^{\beta t}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & t<0\\ 1-e^{\beta(t-1)}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & 0\le t<1\\ 0, & t\ge 1\end{cases},$$

其中，β和ω为混沌系统参数。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述混沌成型滤波器包括：有限冲激响应滤波器，所述s_m为混沌成型滤波器的输入符号序列中的第m个元素；所述混沌成型滤波器的抽头数目为N_p+1，第n个抽头系数p_n表示如下:

$$p_n = p\left(t - \lfloor t \rfloor - N_p + n\right), \quad n = 0,1,\cdots,N_p,$$

其中，t为时间变量，$\lfloor t \rfloor$表示对变量t进行向下取整运算，N_p是与混沌基函数相关的参数。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，N_p取值的原则是使得$p\left(t - N_p\right)$趋于 0。

6. 根据权利要求 1 至 5 中任意一项所述的方法，其中，发送所述基带信号，包括：利用传统无线通信系统中的无线传输模块发送所述基带信号。

7. 根据权利要求 1 至 5 中任意一项所述的方法，其中，所述待发射数据包括：

所述待发射数据采用数据帧结构，每帧分为前导序列和数据序列两部分，所述前导序列用于进行信道估计和帧同步，所述数据序列为待发送的有效数据。

8. 一种数据接收方法，包括：

接收基带信号，其中，该基带信号为对待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理后得到的信号；

采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，得到解调数据；

利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数；

基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限；

对所述解调数据进行符号抽样，并采用所述信号判决门限对抽样得到的符号进行判决，得到目标信号。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其中，采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，包括：对所述基带信号进行混沌匹配滤波，得到所述混沌匹配滤波器的输出信号；从所述输出信号中提取数据，得到所述解调数据。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中，所述混沌匹配滤波器输出信号为：

$$y(t) = \sum_{m=\lceil t \rceil - N_C N_p}^{\lceil t \rceil} r(m)\, g(t-m),$$

其中，$y(t)$为输出信号，t为时间变量，$\lceil t \rceil$表示对变量t进行向上取整运算，N_C表示混沌符号过采样率，$r(m)$为所述混沌匹配滤波器输入信号序列的第m个

元素， $g(t)$ 为混沌基函数的时间逆函数， $g(t)=p(-t)$ 。

11. 根据权利要求 8 所述的方法，其中，所述混沌匹配滤波器采用有限冲激响应滤波器的结构。

12. 根据权利要求 8 所述的方法，其中，利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数包括:

采用最小二乘法对所述前导序列进行信道估计，得到信道参数 τ_l 和 α_l ，其中 l 为多径序号， τ_l 和 α_l 分别为第 l 条多径的延迟时间和衰减系数;

基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限，包括:采用以下公式计算信号判决门限:

$$\theta_n=\sum_{l=0}^{L-1}\sum_{i=\lceil-\tau_l\rceil}^{-1}s_{n+i}C_{l,i}$$,

其中， s_{n+i} 为第 $n+i$ 个抽样时刻的符号， L 为多径数量， i 为符号循环的变量，第 l 条多径的第 i 个符号对当前时刻的码间干扰 $C_{l,i}$ 计算如下:

$$C_{l,i}=a_l\int_{\tau=-\infty}^{\infty}p(\tau)p(\tau+\tau_l+i)d\tau$$ 。

13. 根据权利要求 8 所述的方法，其中，若第 n 个抽样时刻的抽样信号表示为 y_n ，则该时刻信号判决如下:

$$s_n=\begin{cases}1, & (y_n\geq\theta_n)\\ -1, & (y_n<\theta_n)\end{cases}$$ ，其中， θ_n 为信号判决门限。

14. 一种数据发送装置，包括:

获取模块，用于获取待发射数据;

处理模块，用于对所述待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号;

发送模块，用于发送所述基带信号。

15. 一种数据接收装置，包括:

接收模块，用于接收基带信号，其中，该基带信号为对待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理后得到的信号;

处理模块，用于采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，得到解调数据;

信道估计模块，用于利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数;

确定模块，用于基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限;

判决模块，用于对所述解调数据进行符号抽样，并采用所述信号判决门限对抽样得到的符号进行判决，得到目标信号。

16. 一种基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，包括:

步骤 1）准备待发射数据，

待发射数据采用数据帧结构，每帧分为前导序列和数据序列两部分，前导序列目的是进行信道估计和帧同步，数据序列为发送的有效数据;

步骤 2）对待发射数字符号进行混沌成型滤波生成基带信号，

利用混沌成型滤波器生成的基带信号表示如下:

$$x(t)=\sum_{m=\lfloor t\rfloor}^{\lfloor t\rfloor+N_p} s_m\cdot p(t-m),$$

其中，t为时间变量，$\lfloor t\rfloor$表示对变量t进行向下取整运算，N_p是与混沌基函数相关的参数，m为变量循环序号，s_m表示第m个待发射符号，混沌基函数$p(t)$的表达式如下:

$$p(t)=\begin{cases}\left(1-e^{-\beta}\right)e^{\beta t}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & t<0\\ 1-e^{\beta(t-1)}\left(\cos\omega t-\dfrac{\beta}{\omega}\sin\omega t\right), & 0\le t<1\\ 0, & t\ge 1\end{cases},$$

其中，β和ω为混沌系统参数;

步骤 3）利用传统无线通信系统的射频模块和发射天线对基带信号进行发射和传输;

步骤 4）利用传统接收天线进行无线信号接收，并将接收信号去载频，得到接收基带信号;

步骤 5）对接收到的基带信号进行混沌匹配滤波，

混沌匹配滤波器的输出信号为:

$$y(t)=\sum_{m=\lceil t\rceil-N_C N_p}^{\lceil t\rceil} r(m)g(t-m),$$

其中，$y(t)$为输出信号，t为时间变量，$\lceil t\rceil$表示对变量t进行向上取整运算，N_C表示混沌符号过采样率，$r(m)$为所述混沌匹配滤波器输入信号序列的第m个元素，$g(t)$为混沌基函数的时间逆函数，即$g(t)=p(-t)$，

所述匹配滤波器采用有限冲激响应滤波器结构，抽头数目为$N_C N_p+1$，第m个抽头系数g_m表示如下:

$$g_m=g\left(t-\lceil t\rceil+m\right),\quad m=0,1,\cdots,N_C N_p$$

步骤 6）无线信道估计及消除多径干扰判决门限计算，

利用前导序列和信道估计算法，对无线信道的时延和衰落参数进行估计；利用估计的信道参数，结合混沌特性和已解调符号，计算当前抽样时刻的信号判决

门限;

对于包含L径的无线信道，估计得到的第l径信道的时延和衰落系数分别为τ_l和α_l，$l=0,1,2,...,L-1$，仅在L个多径时延点处存在响应值，信道冲激响应表示为$h(t)=\sum_{l=0}^{L-1}\alpha_l\delta(t-\tau_l)$，其中$\delta(t)$为单位冲激响应，$\tau_l$和$\alpha_l$为信道参数;

步骤 7）匹配滤波输出信号的抽样判决，

对步骤 5）的混沌匹配滤波器输出信号进行符号抽样，采用步骤 6）计算的判决门限对抽样信号进行判决，得到解码输出信号。

17. 根据权利要求 16 所述的基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，其中，所述的步骤 2）中，混沌成型滤波器采用有限冲激响应滤波器的结构，所述混沌成型滤波器的抽头数目为N_p+1，从左至右的抽头系数分别表示为$p_0,p_1,\cdots,p_{N_p}$，第n个抽头系数p_n表示如下:

$$p_n=p\left(t-\lfloor t\rfloor-N_p+n\right),\quad n=0,1,\cdots,N_p,$$

对于上述混沌成型滤波器，N_p取值的原则是使得$p(t-N_p)$趋于 0，其中$p(t-N_p)$是$t-N_p$时刻混沌基函数的状态值。

18. 根据权利要求 17 所述的基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，其中，所述的步骤 5）中，混沌匹配滤波器采用有限冲激响应滤波器结构。

19. 根据权利要求 16 所述的基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，其中，所述步骤 6）中，估计信道参数采用最小二乘方法，利用估计的信道参数τ_l和α_l，其中l为多径序号，τ_l和α_l分别为第l条多径的延迟时间和衰减系数；基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限，包括：采用以下公式计算信号判决门限:

$$\theta_n=\sum_{l=0}^{L-1}\sum_{i=\lceil-\tau_l\rceil}^{-1}s_{n+i}C_{l,i},$$

其中，s_{n+i}为第$n+i$个抽样时刻的符号，L为多径数量，i为符号循环的变

量，第l条多径的第i个符号对当前时刻的码间干扰$C_{l,i}$计算如下：

$$C_{l,i}=a_l\int_{\tau=-\infty}^{\infty}p(\tau)p(\tau+\tau_l+i)d\tau$$。

20. 根据权利要求 1 所述的基于混沌成型和混沌匹配滤波器的无线通信方法，其中，所述的步骤 7）中，若第 n 个抽样时刻的抽样信号表示为y_n，则该时刻信号判决如下：

$$s_n=\begin{cases}1, & (y_n\geq\theta_n)\\ -1, & (y_n<\theta_n)\end{cases}$$。

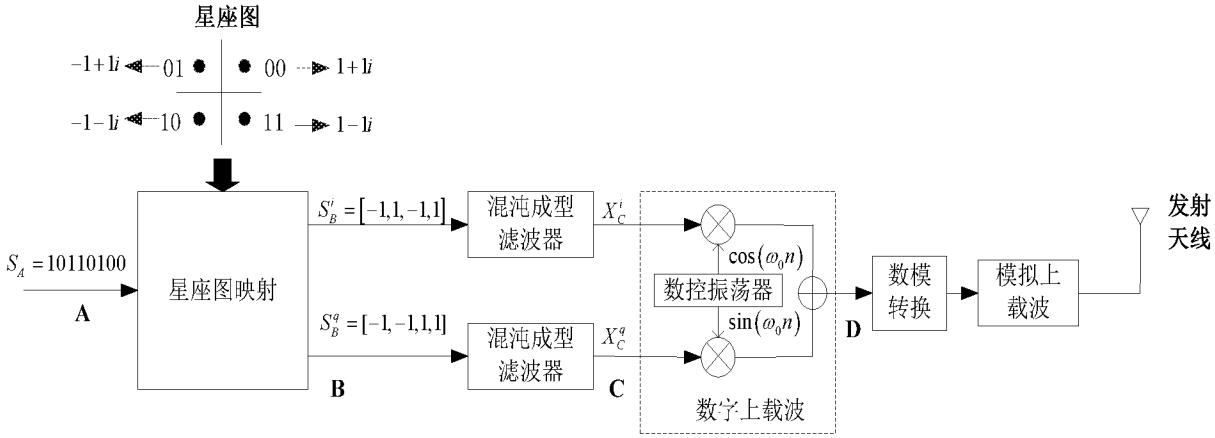

星座图
-1+1i
01
00
1+1i
-1-1i
10
11
1-1i
S_A =10110100
A
星座图映射
S_B^i =[-1,1,-1,1]
S_B^q =[-1,-1,1,1]
B
混沌成型滤波器
混沌成型滤波器
X_C^i
X_C^q
C
$\cos(\omega_0 n)$
数控振荡器
$\sin(\omega_0 n)$
数字上载波
D
数模转换
模拟上载波
发射天线

图 1

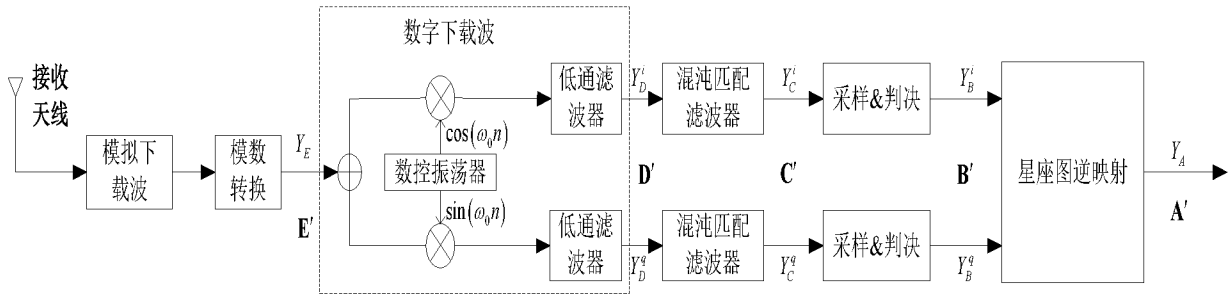

接收天线
模拟下载波
模数转换
Y_E
E'
数字下载波
$\cos(\omega_0 n)$
数控振荡器
$\sin(\omega_0 n)$
低通滤波器
低通滤波器
Y_D^i
Y_D^q
D'
混沌匹配滤波器
混沌匹配滤波器
Y_C^i
Y_C^q
C'
采样&判决
采样&判决
Y_B^i
Y_B^q
B'
星座图逆映射
Y_A
A'

图 2


前导序列
数据序列
……
前导序列
数据序列
时域帧
时域帧

图 3

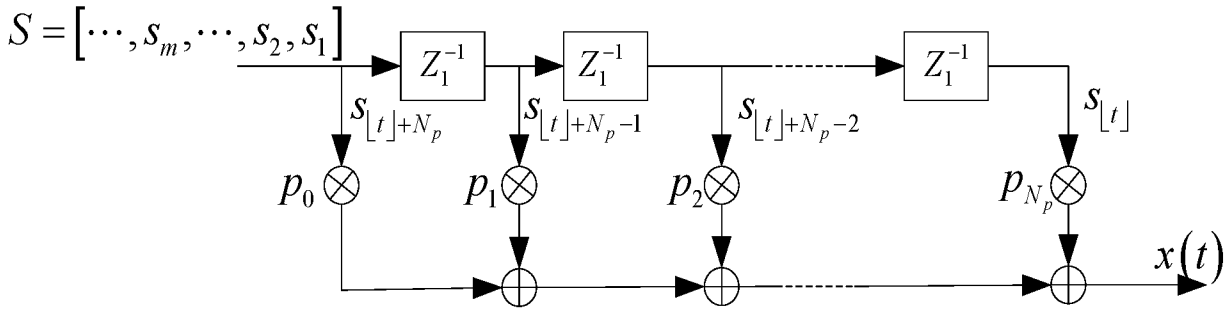

$S=[\cdots,s_m,\cdots,s_2,s_1]$
Z_1^{-1}
Z_1^{-1}
Z_1^{-1}
$s_{\lfloor t\rfloor+N_p}$
$s_{\lfloor t\rfloor+N_p-1}$
$s_{\lfloor t\rfloor+N_p-2}$
$s_{\lfloor t\rfloor}$
p_0
p_1
p_2
p_{N_p}
$x(t)$

图 4

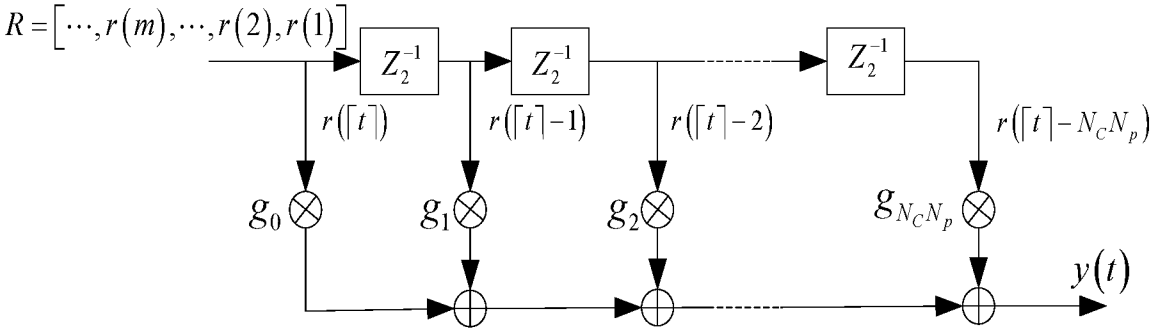

$R=[\cdots,r(m),\cdots,r(2),r(1)]$
Z_2^{-1}
Z_2^{-1}
Z_2^{-1}
$r(\lceil t\rceil)$
$r(\lceil t\rceil-1)$
$r(\lceil t\rceil-2)$
$r(\lceil t\rceil-N_CN_p)$
g_0
g_1
g_2
$g_{N_CN_p}$
$y(t)$

图 5



图 6

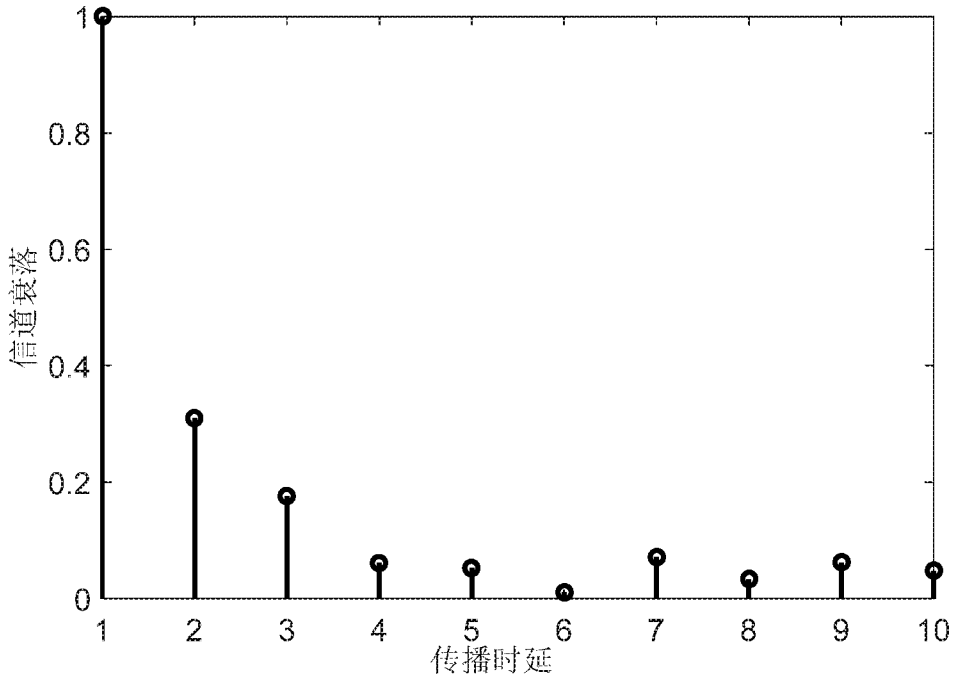


图 7

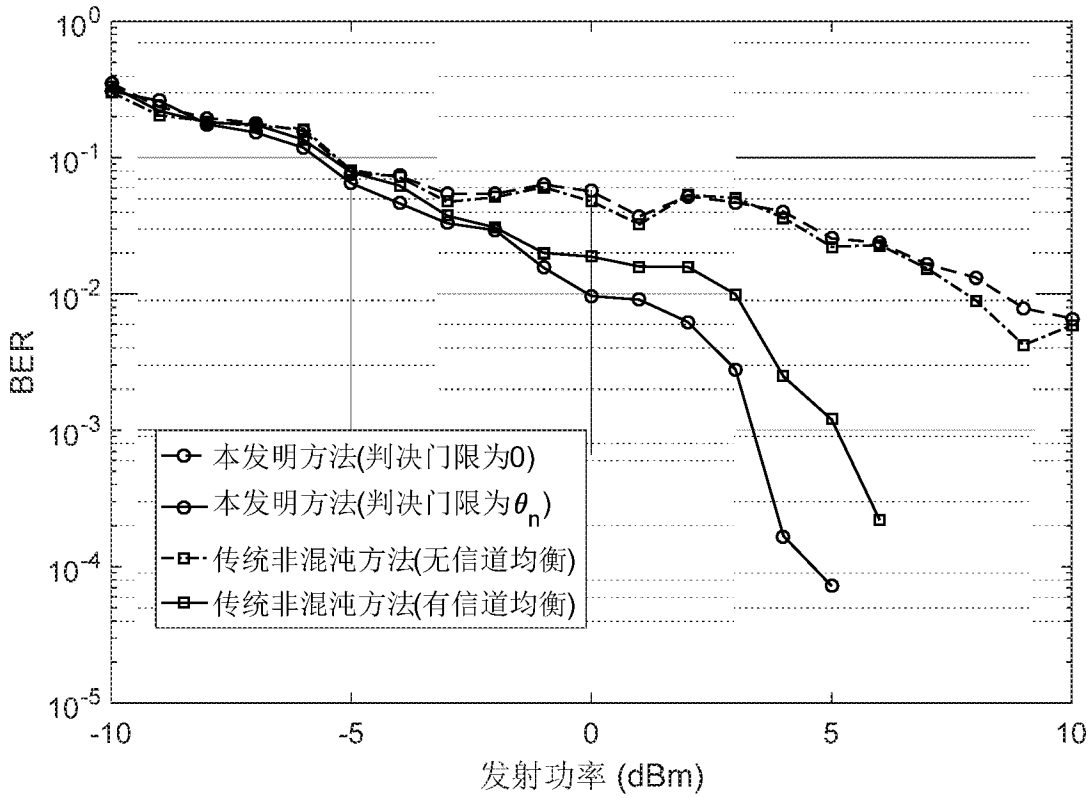

BER
发射功率 (dBm)
本发明方法(判决门限为0)
本发明方法(判决门限为θ_n)
传统非混沌方法(无信道均衡)
传统非混沌方法(有信道均衡)

图 8

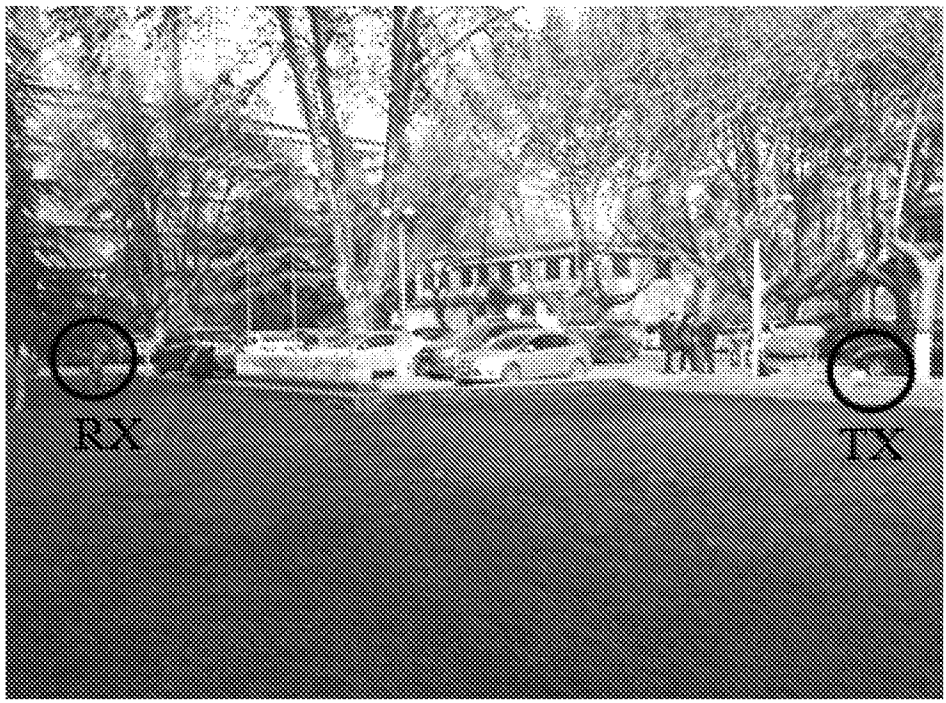

RX
TX

图 9

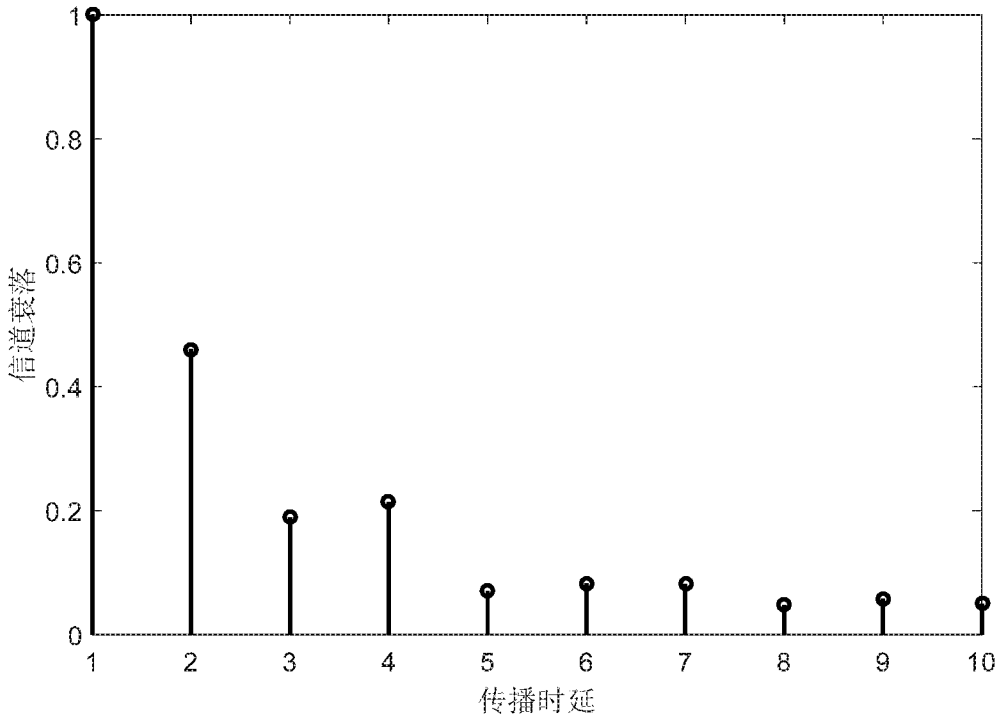

信道衰落
传播时延
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

图 10

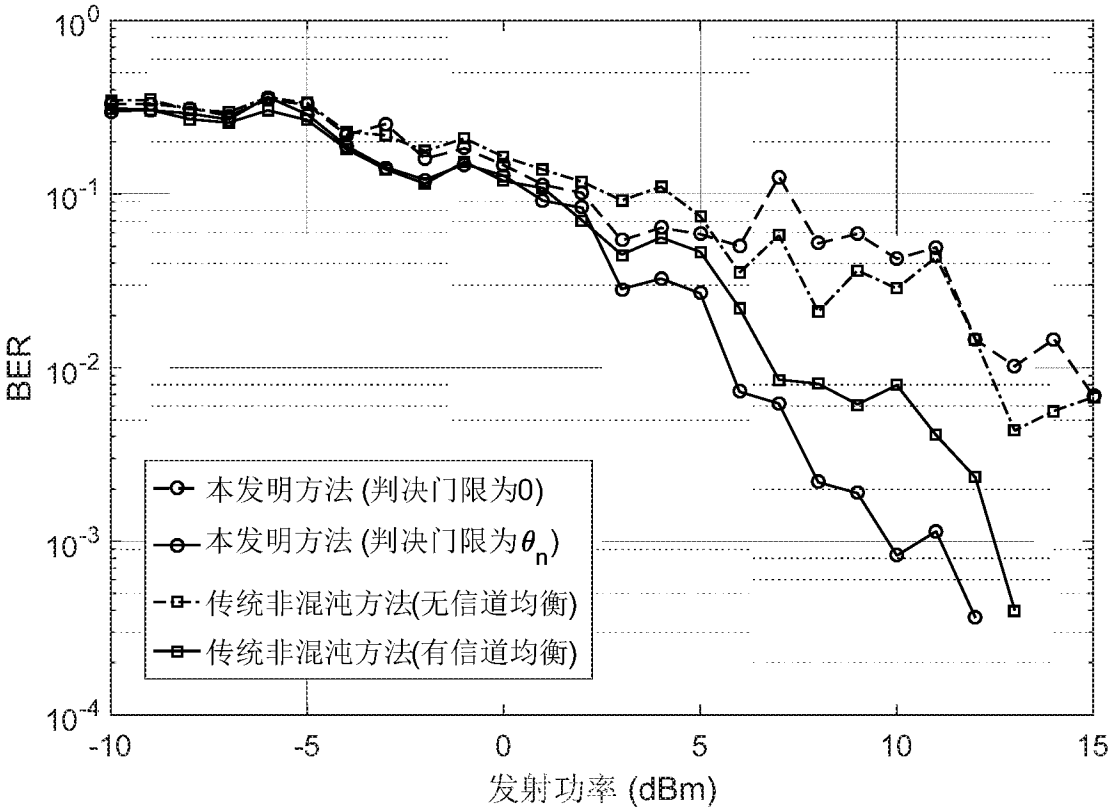

BER
发射功率 (dBm)
本发明方法 (判决门限为0)
本发明方法 (判决门限为θ_n)
传统非混沌方法(无信道均衡)
传统非混沌方法(有信道均衡)
10^0
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
-10
-5
0
5
10
15

图 11

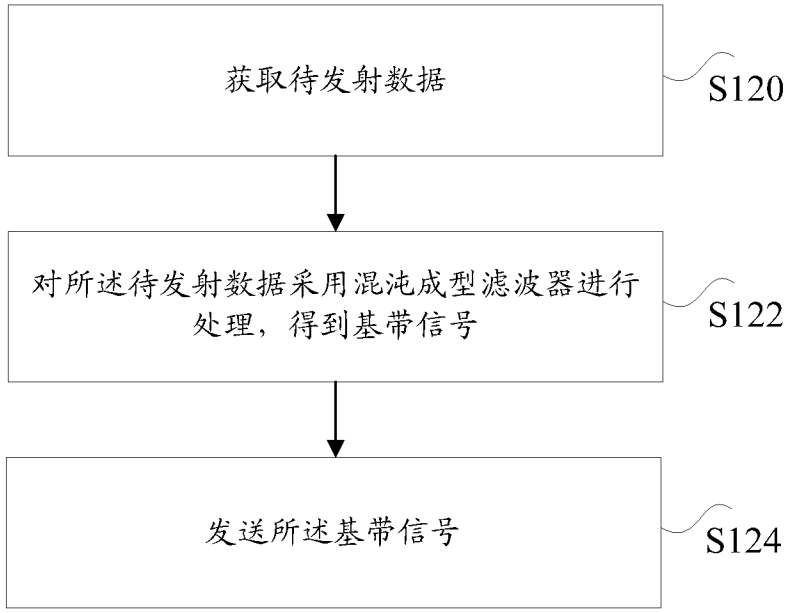

获取待发射数据
S120
对所述待发射数据采用混沌成型滤波器进行处理，得到基带信号
S122
发送所述基带信号
S124

图 12

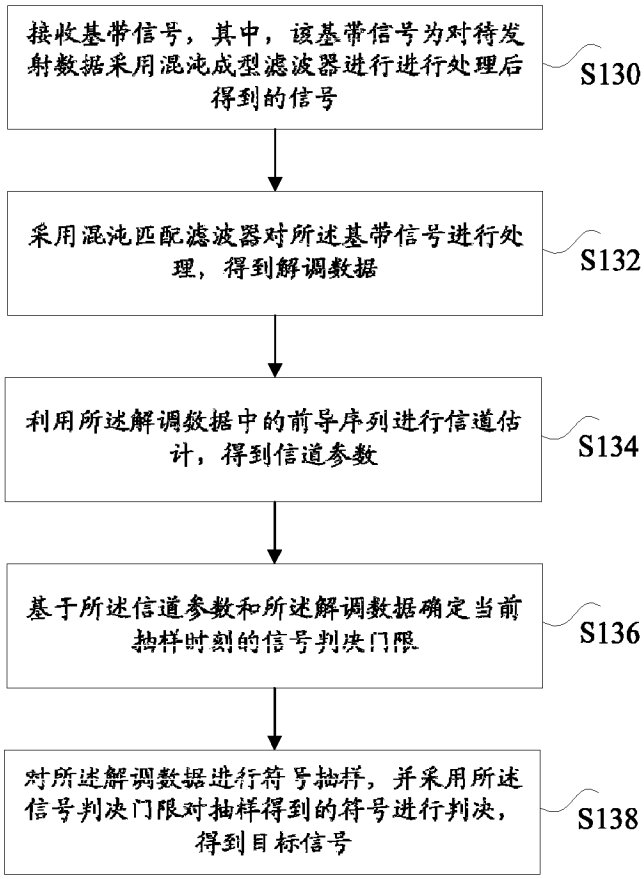

接收基带信号，其中，该基带信号为对待发射数据采用混沌成型滤波器进行进行处理后得到的信号
S130
采用混沌匹配滤波器对所述基带信号进行处理，得到解调数据
S132
利用所述解调数据中的前导序列进行信道估计，得到信道参数
S134
基于所述信道参数和所述解调数据确定当前抽样时刻的信号判决门限
S136
对所述解调数据进行符号抽样，并采用所述信号判决门限对抽样得到的符号进行判决，得到目标信号
S138

图 13

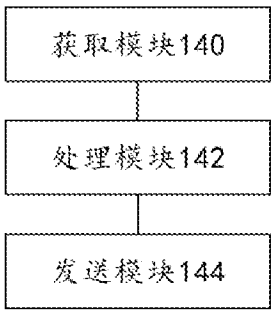

获取模块140
处理模块142
发送模块144

图 14

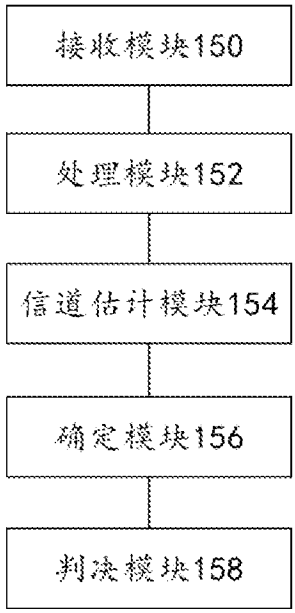

接收模块150
处理模块152
信道估计模块154
确定模块156
判决模块158

图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/084793

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 25/03(2006.01)i; H04L 9/00(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)

VEN; CNABS; CNTXT; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 混沌, 匹配, 滤波, 解调, 信道, 估计, 判决, 门限, 抽样, 前导, 数据, 序列, chaos, match, filter, demodulat+, channel, estimate, judge, threshold, sample, preamble, data, sequence

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108768905 A (XI'AN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 06 November 2018 (2018-11-06) description, paragraphs [0043]-[0077]	1-20
X	CN 106452652 A (XI'AN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 22 February 2017 (2017-02-22) description, paragraphs [0031]-[0077], and figures 2-5	1-20
A	US 2014064410 A1 (SWARUP, A.) 06 March 2014 (2014-03-06) entire document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 June 2019	**11 July 2019**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing** **100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/084793

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 108768905 A	06 November 2018	None	
CN 106452652 A	22 February 2017	CN 106452652 B	27 April 2018
US 2014064410 A1	06 March 2014	US 9306779 B2	05 April 2016

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/084793

A. 主题的分类

H04L 25/03(2006.01)i; H04L 9/00(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）)

VEN;CNABS;CNTXT;USTXT;EPTXT;WOTXT;CNKI：混沌，匹配，滤波，解调，信道，估计，判决，门限，抽样，前导，数据，序列，chaos，match，filter，demodulat+，channel，estimate，judge，threshold，sample，preamble，data，sequence

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 108768905 A (西安理工大学) 2018年 11月 6日 (2018-11-06) 说明书第[0043]-[0077]段	1-20
X	CN 106452652 A (西安理工大学) 2017年 2月 22日 (2017-02-22) 说明书第[0031]-[0077]段，附图2-5	1-20
A	US 2014064410 A1 (SWARUP ASHITOSH) 2014年 3月 6日 (2014-03-06) 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	国际检索报告邮寄日期
2019年 6月 17日	2019年 7月 11日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局(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	郝玉香 电话号码 (86-512)88996092

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/084793

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	108768905	A	2018年 11月 6日	无			
CN	106452652	A	2017年 2月 22日	CN	106452652	B	2018年 4月 27日
US	2014064410	A1	2014年 3月 6日	US	9306779	B2	2016年 4月 5日