

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880015382.8

[43] 公开日 2010 年 3 月 24 日

[51] Int. Cl.  
H04J 11/00 (2006.01)  
H04B 7/24 (2006.01)

[11] 公开号 CN 101682449A

[22] 申请日 2008.5.2

[21] 申请号 200880015382.8

[30] 优先权

[32] 2007. 5. 8 [33] US [31] 60/928,114

[32] 2007. 9. 5 [33] US [31] 11/899,248

[86] 国际申请 PCT/US2008/062321 2008.5.2

[87] 国际公布 WO2008/140964 英 2008.11.20

[85] 进入国家阶段日期 2009.11.9

[71] 申请人 微软公司

地址 美国华盛顿州

[72] 发明人 A · A · 哈萨恩 C · 休特玛

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司  
代理人 陈斌 钱静芳

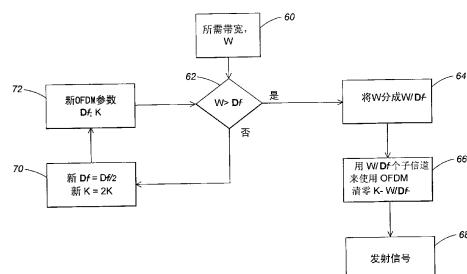
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 5 页

[54] 发明名称

用于非 OFDM 信号的 OFDM 发射和接收

[57] 摘要

公开了用于非正交频分多路复用 (OFDM) 无线电信号的 OFDM 通信的方法和装置。非 OFDM 信号被强制调制成 OFDM 信号。在一个示例中，接收非 OFDM 信号并将其处理成 OFDM 信号以产生所创建的 OFDM 信号。也接收实际 OFDM 信号并将其与所创建的 OFDM 信号一起处理。



1. 一种操作计算设备来容纳非 OFDM 信号的方法，所述方法包括：

- a) 接收非 OFDM 信号；
- b) 将所述非 OFDM 信号处理成所创建的 OFDM 信号；以及
- c) 处理所创建的 OFDM 信号。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法至少部分地用软件定义无线电执行。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，接收所述非 OFDM 信号包括接收蓝牙格式的无线信号。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括接收 OFDM 信号并将所述 OFDM 信号与所述非 OFDM 信号一起处理。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，接收所述 OFDM 信号包括接收 WiFi 格式的无线信号。

6. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，处理所述 OFDM 信号包括使用 FFT 处理所述 OFDM 信号。

7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，还包括通过串并转换器发送数据以产生并行数据流。

8. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，还包括使用 IFFT 处理所述并行数据流。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，还包括将所述数据流从并行转换成串行并发射所述数据。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，还包括接收所发射的数据并使用 FFT 处理所述数据。

11. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括发射 OFDM 和非 OFDM 信号。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其特征在于，还包括处理所述非 OFDM 信号以通过第一组子信道发射，处理所述 OFDM 以通过第二组子信道发射，以及执行所述信号的 IFFT。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，还包括接收所述信号，

---

组合所述第一和第二组子信道，以及执行来自所组合的子信道组的信号的 FFT。

14. 一种具有计算机可执行指令的计算机可读介质，所述计算机可执行指令在被执行时适于执行如权利要求 1 所述的方法。

15. 一种操作计算设备来容纳非 OFDM 信号的方法，所述方法包括：

- a) 接收非 OFDM 信号；
- b) 将所述非 OFDM 信号处理成 OFDM 信号以产生所创建的 OFDM 信号；
- c) 接收实际 OFDM 信号；以及
- d) 将所述实际 OFDM 信号与所创建的 OFDM 信号一起处理。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，所述方法至少部分地用软件定义无线电执行。

17. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，接收所述非 OFDM 信号包括接收蓝牙格式的无线信号，并且其中接收实际 OFDM 信号包括接收 WiFi 格式的无线信号。

18. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，还包括发射 OFDM 和非 OFDM 信号，处理所述非 OFDM 信号以通过第一组子信道发射，处理所述 OFDM 以通过第二组子信道发射，以及执行所述信号的 IFFT。

19. 一种具有计算机可执行指令的计算机可读介质，所述计算机可执行指令在被执行时适于执行如权利要求 15 所述的方法。

20. 一种用于操作计算设备来容纳非 OFDM 信号的方法，所述装置包括：

可被配置成接收非 OFDM 信号的第一接收电路；

可被配置成处理所述非 OFDM 信号以产生所创建的 OFDM 信号的第一处理器；

可被配置成接收 OFDM 信号的第二接收电路；以及

可被配置成将所述实际 OFDM 信号与所创建的 OFDM 信号一起处理并对这些信号执行 FFT 的第二处理器。

---

## 用于非 OFDM 信号的 OFDM 发射和接收

### 背景

许多当前和大多数新兴无线技术都基于正交频分多路复用（OFDM），其中发射机使用快速傅立叶逆变换（IFFT）且接收机使用快速傅里叶变换（FFT），这两种变换都在基带中。当在软件定义无线电（SDR）中实现时，当需要同时无线电发射时，非基于 OFDM 的方案需要与基于 OFDM 的方案并行地运行的单独的软件模块。这可以对操作系统（OS）和硬件（HW）之间的信令造成性能问题并增加复杂性。

### 发明概述

本发明涉及用于非 OFDM 无线电信号的 OFDM 通信的方法和装置。为增加无线通信的有效性并且因此增加无线地通信的移动设备的实用性，无线设备可包括允许在被配置成处理 OFDM 信号的软件中处理非 OFDM 信号的处理器和方法。就此，非 OFDM 无线电信号被强制调制成 OFDM 信号并与实际 OFDM 一起处理。

在一个实施例中，公开了一种操作计算设备来容纳非 OFDM 信号的方法。该方法包括接收非 OFDM 信号；将该非 OFDM 信号处理成所创建的 OFDM 信号；以及处理所创建的 OFDM 信号。

在另一实施例中，公开了一种操作计算设备来容纳非 OFDM 信号的方法。该方法包括接收非 OFDM 信号；将该非 OFDM 信号处理成 OFDM 信号以产生所创建的 OFDM 信号；以及将实际 OFDM 信号与所创建的 OFDM 信号一起处理。

在又一实施例中，提供了一种操作计算设备来容纳非 OFDM 信号的装置。该装置包括可被配置成接收非 OFDM 信号的第一接收电路以及可被配置成处理该非 OFDM 信号以产生所创建的 OFDM 信号的第一处理器。第二接收电路可被配置成接收 OFDM 信号，且第二处理器可被配置成将该实际 OFDM 信号和所创建的 OFDM 信号一起处理并对这些信号执行 FFT。

以上概述是对由所附权利要求定义的本发明的非限定性的概述。

### 附图简述

附图不旨在按比例绘制。在附图中，各个附图中示出的每一完全相同或近乎完全相同的组件由同样的标号来表示。出于简明的目的，不是每个组件在每张附图中均被标号。在附图中：

图 1 是将信道带宽细分成等宽的窄带子信道的图示；

图 2 是多载波 OFDM 数字通信系统的框图；

图 3 是根据本发明的各实施例的说明性过程的流程图；

图 4 是其中可以实现本发明的各实施例的说明性计算机系统环境的示图；  
以及

图 5 是可以根据本发明的各实施例使用的示例性计算设备。

### 详细描述

本发明针对现有技术系统中对于并行地运行以便在需要同时无线电发射时处理非基于 OFDM 的方案和基于 OFDM 的方案两者的分开的软件模块的需求。在一方面，该问题通过将非 OFDM 信号强制调制成 OFDM 信号来解决。接收非 OFDM 信号并对其进行处理以产生所创建的 OFDM 信号。也接收实际 OFDM 信号并将其与所创建的 OFDM 信号一起处理。以此方式，在被配置成处理 OFDM 信号的软件中处理非 OFDM 信号。应当理解，本发明不限于单址 OFDM，且可以使用多址 OFDMA。

作为示例，如果用户在使用蓝牙手机，且在使用无线连接浏览因特网（例如在 MSN 上），则该手机正无线地与计算机通信，且该计算机正无线地通信到因特网连接。使用软件定义无线电（SDR），可以采用蓝牙调制和到因特网的连接两者。然而，蓝牙通信采用非 OFDM 传输，而到因特网的无线连接采用 OFDM 传输。与无线电之间的单类型信号相比，不同无线电之间的信令越多，容纳该混合信号就越复杂。发明人认识到，如果非 OFDM 信号（例如蓝牙信号）被转换成 OFDM 或类 OFDM 信号，则只需要采用一个模块和/或一个可执行文件来处理这些信号。对这些信号使用合适

的 FFT 和 IFFT 算法，不同的无线电不是必需的。

数据通常是高速发射的，并通过串并转换器来发送。数据从串行转换成 52 个并行流。作为示例，如果数据以每秒 52 兆位发射，则每一个流将是每秒 1 兆位。随后经由 IFFT 算法来处理这 52 个流。信号随后可从并行再次转换成串行，并通过信道来发射。在接收机处，执行逆操作，即通过 FFT 算法来发送数据。

继续该示例，此时，可用的带宽被有效地切分成各个子信道。例如，20 MHz 信道转换成 52 个子信道，使得每一信道大约为 300KHz。

根据本发明的一方面，SDR 控制器（控制信道）如下决定如何发射 OFDM 信号。操作系统（OS）知道其必须发射两个不同的无线协议，例如 WiFi 和蓝牙两者。即，存在对以一个无线模式（例如 WiFi）发射的请求，并且存在对以另一无线模式（例如蓝牙）发射的另一请求。在这种情况下，OS 识别 OFDM 操作在 52 个子信道上发生，且每一子信道大约等于 300KHz。这一信息由 SDR 的控制器捕捉并馈送到指示发射非 OFDM 信号（例如蓝牙信号）的模块。系统随后确保蓝牙连接被信道化成 300 KHz。就此，蓝牙大约是 1 MHz 带宽，所以数据通过蓝牙信道发射且每一信道是连续的 1 MHz。对于 OFDM 信号（例如，WiFi 信号），该信号通过 52 个子信道发射并且每一子信道大约是 380+ KHz 宽（即 20 MHz 除以 52 个子信道）。在这种情况下，蓝牙流以大约 1 MHz 的特定数据速率发射，这将需要大约 3 个子信道。即，该流被划分成 3 个子信道。因此，对于通过 52 个子信道（串行到 52 个并行流）发射的 OFDM 信号（例如，WiFi）和通过 3 个子信道发射的非 OFDM 信号（例如蓝牙），总共存在 55 个子信道。

随后执行这 55 个子信道的 IFFT。在接收机侧，WiFi 接收机执行 52 个子信道 FFT 并且蓝牙接收机执行 3 个子信道 FFT。以此方式，使用 SDR 的同一可执行模块。同一硬件可供使用，并且在这种情况下，乏色同时无线电的复杂性大大小于分开发射蓝牙和 WiFi。

因此，使得在其它情况下为非 OFDM（例如蓝牙）的信号表现为其完全是 PFDM，其随后可以与 OFDM 信号一起处理。

如果用软件来实现，则各信号在同一模块中进行软件组合并处理。

应当理解，本发明不限于发射蓝牙和 WiFi；相反，本发明构想了非 OFDM 信号和 OFDM 信号的 OFDM 发射和接收。类似地，可用子信道不限于所提供的示例。相反，子信道的最大数量受处理器速度的限制。

以下讨论另一示例。

在一个实施例中，使用 SDR 将 Wi-Fi 802.11n 和蓝牙 2.1 嵌入在膝上型计算机中。即，存在用于这两种通信协议的单个 RF 前端，而基带和 MAC 协议是用软件来实现的。

Wi-Fi PHY 实现如在共同待审的 2006 年 12 月 12 日提交的题为“Cognitive Multi-User OFDMA（认知多用户 OFDMA）”的美国专利申请第 11/637,449 号和在 2006 年 12 月 8 日提交的题为“System Capability Discovery for Software Defined Radio（用于软件定义无线电的系统能力发现）”的美国专利申请第 11/635,869 号中所描述的 OFDM 调制方案，每一申请都被转让给本申请的同一受让人，并且每一申请都通过整体引用结合于此。蓝牙设备实现 GFSK 调制形式。但蓝牙仍然可以在基于 OFDM 的框架中通信。

在 OFDM 中，可用信道带宽  $W$  被细分成多个被称为子信道的相等带宽，其中每一子信道的带宽足够窄，使得该子信道的频率响应特性接近理想。将总带宽这样细分成较小子信道在图 1 中示出。因此，创建  $K = W/\Delta f$  个子信道，其中可以在这  $K$  个子信道中同时发射不同的信息码元。对于每一子信道，载波如下关联：

$$[1] \quad x_k(t) = \sin 2\pi f_k t, \quad k = 0, 1, \dots, K-1$$

其中  $f_k$  是第  $k$  个子信道的中频。

通过将每一子信道上的码元速率  $1/T$  选择为等于相邻副载波的间隔  $\Delta f$ ，各副载波在码元时间间隔  $T$  上正交，从而与各副载波之间的相对相位关系无关；即

$$[2] \quad \int_0^T \sin(2\pi f_k t + \phi_k) \sin(2\pi f_j t + \phi_j) dt = 0$$

其中  $f_k - f_j = n/T$ ,  $n = 1, 2, \dots$ , 与相位值  $\phi_k$  和  $\phi_j$  无关。

对于具有  $K$  个子信道的 OFDM 系统，每一副载波上的码元速率相对于使用整个带宽  $W$  并以与 OFDM 相同的速率发射数据的单载波系统上的码元速率减少  $N$  倍。因此，OFDM 系统中的码元时间间隔是  $T = KT_s$ ，其中  $T_s$  是单载波系统中的码元时间间隔。

应当理解，本发明不限于将信道分成特定宽度的子信道。相反，信道可被分成比此处所描述的宽度更窄的子信道。以此方式，非 OFDM 信号可以确定将信道如何精细地分成适当大小的子信道。

通过使用 FFT 算法来计算 DFT/IDFT，高效地实现了 OFDM 系统中的调制器和解调器。OFDM 的基本框图在图 2 中示出。在框 20 处，串并缓冲区将信息序列细分成各个  $B_f$  个位的帧。每一帧中的  $B_f$  个位被解析成  $K$  个组，其中向第  $i$  个组分配  $b^i$  位。

因此，

$$[3] \quad \sum_{i=1}^K b_i = B_f$$

如在框 22 处所示，多载波调制器可被看作生成  $K$  个独立的 QAM 子信道，其中每一子信道的码元速率是  $1/T$  并且每一子信道中的码元具有不同的 QAM 星座图。因此，第  $i$  个子信道的信号点的数量是  $M_i = 2^{b_i}$ 。在框 24 处，添加循环前缀以降低来自邻近码元的码间串扰的影响。随后，该并行序列被多路复用回串行位流，并且在框 26 处输入到数模转换器（D/A），数模转换器将数字信号转换成模拟信号再将其上变频到感兴趣的 RF 频率并用天线辐射。

接收侧是发射的逆。接收 RF 信号由在 28 处示出的天线来截取，进行下变频再由框 30 处的模数转换器（A/D）数字化，从串行流多路复用成并行流。在框 32 处，移除在发射时所添加的前缀。在框 34 处，对并行序列执行 FFT。其后是框 36 处的对各个位作出决定的检测器，这些位随后输入到框 38 处的并串多路复用器。

对应于  $K$  个子信道上的信息信号的复数值信号点可以由  $X_k$  来表示， $k = 0, 1, \dots, K-1$ 。这些信息码元  $\{X_k\}$  表示多载波 OFDM 信号  $x(t)$  的离散傅

里叶变换 (DFT) 的值，其中每一副载波上的调制是 QAM。因为  $x(t)$  必须是实数值信号，所以其  $N$  点 DFT  $\{X_k\}$  必须满足对称性质  $X_{N-k} = X_k^*$ 。因此，通过如下定义来从  $K$  个信息码元中创建  $N=2K$  个码元：

$$\begin{aligned} X_{N-K} &= X_K^*, \quad k = 1, 2, \dots, K-1 \\ X_0' &= \text{Re}(X_0) \\ [4] \quad X_N &= \text{Im}(X_0) \end{aligned}$$

注意，信息码元  $X_0$  被分成两部分，这两部分都是实数。如果新符号序列被表示为  $\{X'_k, k=0, 1, \dots, N-1\}$ ，则  $N$  点逆 DFT (IDFT) 产生实数值序列：

$$[5] \quad x_n = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X'_k \exp(j2\pi nk/N) \quad n = 0, 1, \dots, N-1$$

其中  $1/\sqrt{N}$  仅仅是比例因子。

这一序列  $\{x_n, 0 \leq n \leq N-1\}$  对应于包括  $K$  个副载波的多载波 OFDM 信号  $x(t)$  的样本。

继续该示例，此时，OFDM 具有输入  $\{X_n, 0 \leq n \leq N-1\}$  和输出  $\{x_n, 0 \leq n \leq N-1\}$ 。

对于蓝牙调制，GFSK 信号（蓝牙通常采用的调制协议）可由下式表示

$$[6] \quad s(t, \alpha) = A \cos(2\pi f_c t + \phi(t, \alpha)),$$

其中

$$A = \sqrt{\frac{2E_b}{T}}$$

$E_b$  是每数据位能量；

$f_c$  是载波频率；

$\alpha$  是具有数据位  $\alpha_i$  的随机输入流；

$\phi(t, \alpha)$  是输出相位偏离，由下式给出

$$[7] \quad \phi(t, \alpha) = 2\pi h_f \int_{-\infty}^t \sum_{i=-\infty}^n \alpha_i g(\tau - iT) d\tau.$$

在 GFSK 中，通过多个码元来发射单个位。这通过使用具有以下给出的冲激响应  $g(t)$  的脉冲整形滤波器来实现

$$[8] \quad g(t) = \frac{1}{2T} [Q(2\pi B_b \frac{t - \frac{T}{2}}{\sqrt{\ln 2}}) - Q(2\pi B_b \frac{t + \frac{T}{2}}{\sqrt{\ln 2}})],$$

其中  $Q(t)$  是标准  $Q$  函数  $Q(t) = \int_t^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\tau^2}{2}} d\tau$ 。

通过引入受控码间串扰，显著地降低了信号的频谱占用。

重写上式[7]，则

$$[9] \quad \phi(t, \alpha) = 2\pi h_f \sum_{i=n-L+1}^n \alpha_i q(t - iT) + \pi h_f \sum_{i=-\infty}^{n-L} \alpha_i,$$

其中  $L$  是  $g(t)$  的长度，且

$$q(t) = \int_{-\infty}^t g(\tau) d\tau$$

对于具有  $B_b T = 0.5$ ,  $L=2$  的蓝牙，这意味着单个数据位分布在两个连续的码元区间上。

蓝牙使用 1 MHz 信道化。如果使用包括 802.11a/g/n 的 SDR，则子信道大约是 384 KHz。因此，3 个子信道将足以覆盖每一蓝牙发射/接收。以此方式，将基于 OFDM 的认知无线电用于基于 OFDM 的方案和非基于 OFDM 的方案。非匹配滤波器中的任何损耗可能很小。

用软件将蓝牙信号多路复用成 3 个分开的流，每一个具有 1/3 的数据速率。这些流随后输入到用于发射 802.11n 信号的同一 OFDM 调制器。

图 3 是用于发射数据的一个实施例的说明性流程图。在框 60 处，用  $W$  表示所需带宽。在框 62 处，作出所需带宽  $W$  是否大于子信道带宽  $\Delta f$  的判定。如果  $W > \Delta f$ ，则该过程前进至框 64，在此带宽被划分成  $K$  个子信道，其中  $K = W / \Delta f$ 。在框 66 处，用  $K$  个子信道执行 OFDM 处理。在框 68 处，发射信号。

如果带宽  $W$  未被均匀划分并且余下不能占据整个子信道的额外带宽，则在一个实施例中，剩余带宽可被认为是功率损耗。在另一实施例中，对带宽进行划分使得子信道超过该带宽。在这种情况下，额外子信道可被认为是噪声。在又一实施例中，如在框 70 处所描述的，子信道可被分成进一步的子信道以提供新的  $\Delta f$ 。以此方式，在一方面限制了功率损耗且另一方面限制了噪声。在所示示例中，子信道被对分，然而应当理解，子信道可以除以 3、4、5、6 或任何其它除数，因为本发明在这一方面不作限制。该过程随后在框 72 处使用新参数来继续。不限于理论，按照惯例，如果功率损耗或噪声（即剩余带宽）被限于小于大约 5% 到 10%，则可不必将子信道分成进一步的子信道。

再次参考框 66，可以使用例如 FFT 来处理信号。在一个实施例中，FFT 被编程成处理 OFDM 信号的各子信道中的每一个。然而，使用该同一 FFT 来处理非 OFDM 信号，因为 FFT 被编程成处理 OFDM 信号的更大量的总子信道，在处理非 OFDM 信号时，子信道中的某一些被清零。例如，假定 FFT 被编程成处理 OFDM 信号的 52 个子信道，则该同一 FFT 将尝试处理非 OFDM 信号的 52 个子信道，但只有 3 个子信道具有信号数据。因此，在一个实施例中，其余 49 个子信道被设为零。

在另一实施例中，FFT 可被编程成处理 3 个子信道而非 52 个子信道。在该示例中，非 OFDM 信号被有效地处理并且不发生清零，但随后将每 3 个一组来分开处理 OFDM 信号的其余子信道，从而需要更多 FFT 例程。

此处描述的本发明的各方面可以在多个计算机系统配置中的任一个上实现且不限于任何特定类型的配置。图 4 示出可在其上实现本发明的各方面的计算机系统的一个示例，但其它系统也是可能的。

图 4 的计算机系统包括通信网络 100、无线接入点 102、被配置成与无线接入点 102 发送和接收 OFDM 信号的一个或多个无线计算设备 106、被配置成与一个或多个无线计算设备 106 发送和接收非 OFDM 信号的一个或多个无线计算设备 108、以及有线计算设备 114 和 116。通信网络 100 可以是用于在两个或更多计算机（例如服务器和客户机）之间交换数据的任何合适的通信介质或媒体，包括因特网。无线客户机设备可以是具有无线通信能力的任何合适的计算设备。可以使用若干示例性移动计算设备，包括膝上型计算机、个人数字助理、以及智能电话。尽管图 4 包括具有有线设备 114 和 116 的通信网络 100，但本发明的各实施例可以在不包括有线网络的系统中使用。

图 5 示意性地示出可以根据本发明的一个或多个实施例使用的说明性计算设备 200。图 5 既不旨在是与本发明的各实施例一起操作的计算设备的必要组件的描绘，也不旨在是全面描绘。计算设备 200 包括例如与无线接入点 102 或与其它设备 108 无线地进行通信的前端无线电硬件 202。设备 200 还包括使用其它（可能非无线）方法通过计算机网络来通信的网络适配器 204、向设备的用户显示信息的显示适配器 206、和接收来自用户的命令的输入适配器 208。设备 200 还包括用于存储要由处理器 210 处理的数据和/或由其执行的指令的计算机可读介质 212。处理器 210 启用数据的处理和指令的执行。这些数据和指令可被存储在计算机可读介质 212 上，并且例如可以启用计算设备 200 的各组件之间的通信。这些数据和指令可包括操作系统 214 和软件定义无线电驱动程序 216。SDR 驱动程序 216 可包括执行通常在硬件实现的无线电中完成的许多功能的数据和指令。驱动程序 216 所执行的功能可补充前端无线电硬件 202 的功能，以使所有所需功能可以由硬件和软件的组合来执行。

前端无线电硬件 202 可以是执行任何功能组合的任何合适的无线电硬件。这些功能可包括调制（即，将数字信号混合到高频发射信号中）、滤波（即，从接收到的信号中解析出数据）、模数或数模转换、信号生成（即，发射数据）等。前端 202 可被实现成执行必须在硬件级执行的最小所需功能，其余功能由 SDR 驱动程序 216 实现。本功能不限于与以任何特定方式来决定硬件和软件的责任的系统一起使用。前端 202 可包括天线、跨宽无线电频谱的可编程射频波形发生器/解码器、快速模数转换器阵列、和/或将模拟数据转换成计算机可处

理字节和进行反向转换的串行化器/解串行化器。还可以采用一组可调节模拟滤波器以符合强制频谱模板。这些硬件组件仅仅是说明性的，因为本发明不限于在具有任何特定硬件的系统上使用。

SDR 驱动程序 216 除执行无线电功能之外，可以向前端 202 的可调节电路发送控制指令以根据特定无线协议来定制前端 202 的硬件。

应当理解，本发明的一个实施例针对与具有可由控制指令根据无线协议来编程以生成和/或接收信号的可编程电路(例如，前端 202 和 SDR 驱动程序 216)的计算设备一起使用，包括例如此处参考处理 OFDM 和非 OFDM 信号所描述的过程。同样，该可编程电路可以采取任何合适的形式，并且包括直接可编程电路（例如，可编程处理器）和与直接可编程电路进行交互以根据无线协议来启用通信的电路的任何集合。

应当理解，此处描述的本发明的各实施例不限于用图 5 所示类型的计算设备来实施，并且本发明的各实施例可用任何合适的计算设备来实施。前端 202 和适配器 204-208 可被实现为任何合适的硬件、软件或其组合，并且可被实现为单个单元或多个单元。类似地，计算机可读介质 212 可被实现为用于存储供处理设备访问的数据和指令的任何介质或介质组合。

至此描述了本发明的至少一个实施例的若干方面，可以理解，本领域的技术人员可容易地想到各种更改、修改和改进。

这样的更改、修改和改进旨在是本发明的一部分，且旨在处于本发明的精神和范围内。从而，上述描述和附图仅用作示例。

可以用多种方式中的任一种来实现本发明的上述实施例。例如，可使用硬件、软件或其组合来实现各实施例。当使用软件实现时，该软件代码可在无论是在单个计算机中提供的还是在多个计算机之间分布的任何合适的处理器或处理器的集合上执行。

此外，应当理解，计算机可以用多种形式中的任一种来具体化，如机架式计算机、台式计算机、膝上型计算机、或图形输入板计算机。另外，计算机可以具体化在通常不被认为是计算机但具有合适的处理能力的设备中，包括个人数字助理（PDA）、智能电话、或任何其它合适的便携式或固定电子设备。

同样，计算机可以具有一个或多个输入和输出设备。这些设备主要可被用来呈现用户界面。可被用来提供用户界面的输出设备的示例包括用于可视地呈现输出的打印机或显示屏和用于可听地呈现输出的扬声器或其它声音生成设备。可被用于用户界面的输入设备的示例包括键盘和诸如鼠标、触摸板和数字化输入板等定点设备。作为另一示例，计算机可以通过语音识别或以其它可听格式来接收输入信息。

这些计算机可以通过任何合适形式的一个或多个网络来互连，包括作为局域网或广域网，如企业网络或因特网。这些网络可以基于任何合适的技术并可以根据任何合适的协议来操作，并且可以包括无线网络、有线网络或光纤网络。

而且，此处略述的各种方法或过程可被编码为可在采用各种操作系统或平台中任何一种的一个或多个处理器上执行的软件。此外，这样的软件可使用多种合适的程序设计语言和/或常规程序设计或脚本工具中的任何一种来编写，而且它们还可被编译为可执行机器语言代码或在框架或虚拟机上执行的中间代码。

就此，本发明可被具体化为用一个或多个程序编码的一个或多个计算机可读介质（例如，计算机存储器、一个或多个软盘、紧致盘、光盘、磁带、闪存、现场可编程门阵列或其它半导体器件中的电路配置等），当这些程序在一个或多个计算机或其它处理器上执行时，它们执行实现本发明的上述各个实施例的方法。这一个或多个计算机可读介质可以是便携的，使得其上存储的一个或多个程序可被加载到一个或多个不同的计算机或其它处理器上以便实现本发明上述的各个方面。

此处以一般的意义使用术语“程序”或“软件”来指可被用来对计算机或其它处理器编程以实现本发明上述的各个方面任何类型的计算机代码或计算机可执行指令集。另外，应当理解，根据本实施例的一个方面，当被执行时实现本发明的方法的一个或多个计算机程序不必驻留在单个计算机或处理器上，而是可以按模块化的方式分布在多个不同的计算机或处理器之间以实现本发明的各方面。

计算机可执行指令可以具有可由一个或多个计算机或其它设备执行的

各种形式，诸如程序模块。一般而言，程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等。通常，程序模块的功能可以按需在各个实施例中进行组合或分布。

而且，数据结构能以任何合适的形式存储在计算机可读介质上。为简化说明，数据结构可被示为具有通过该数据结构中的位置而相关的字段。这些关系同样可以通过对具有传达各字段之间的关系的、计算机可读介质中的位置的各字段分配存储来得到。然而，可以使用任何合适的机制来在数据结构的各字段中的信息之间建立关系，包括通过使用指针、标签、或在数据元素之间建立关系的其它机制。

本发明的各个方面可单独、组合或以未在前述实施例中特别讨论的各种安排来使用，从而并不将其应用限于前述描述中所述或附图中所示的组件的细节和安排。例如，可使用任何方式将一个实施例中描述的各方面与其它实施例中描述的各方面组合。

同样，本发明可被具体化为已经提供了其示例的方法。作为该方法的一部分所执行的动作可以用任何合适的方式来排序。因此，可以构建各个实施例，其中各动作以与所示的次序所不同的次序执行，并且其中可包括同时执行某些动作，即使这些动作在各说明性实施例中被示为顺序动作。

在权利要求书中使用诸如“第一”、“第二”、“第三”等序数词来修饰权利要求元素本身并不意味着一个权利要求元素较之另一个权利要求元素的优先级、先后次序或顺序、或者方法的各动作执行的时间顺序，而仅用作将具有某一名字的一个权利要求元素与（若不是使用序数词则）具有同一名字的另一元素区分开的标签以区分各权利要求元素。

同样，此处所使用的短语和术语是出于描述的目的而不应被认为是指制。此处对“包括”、“包含”、或“具有”、“含有”、“涉及”及其变型的使用旨在包括其后所列的项目及其等效物以及其它项目。

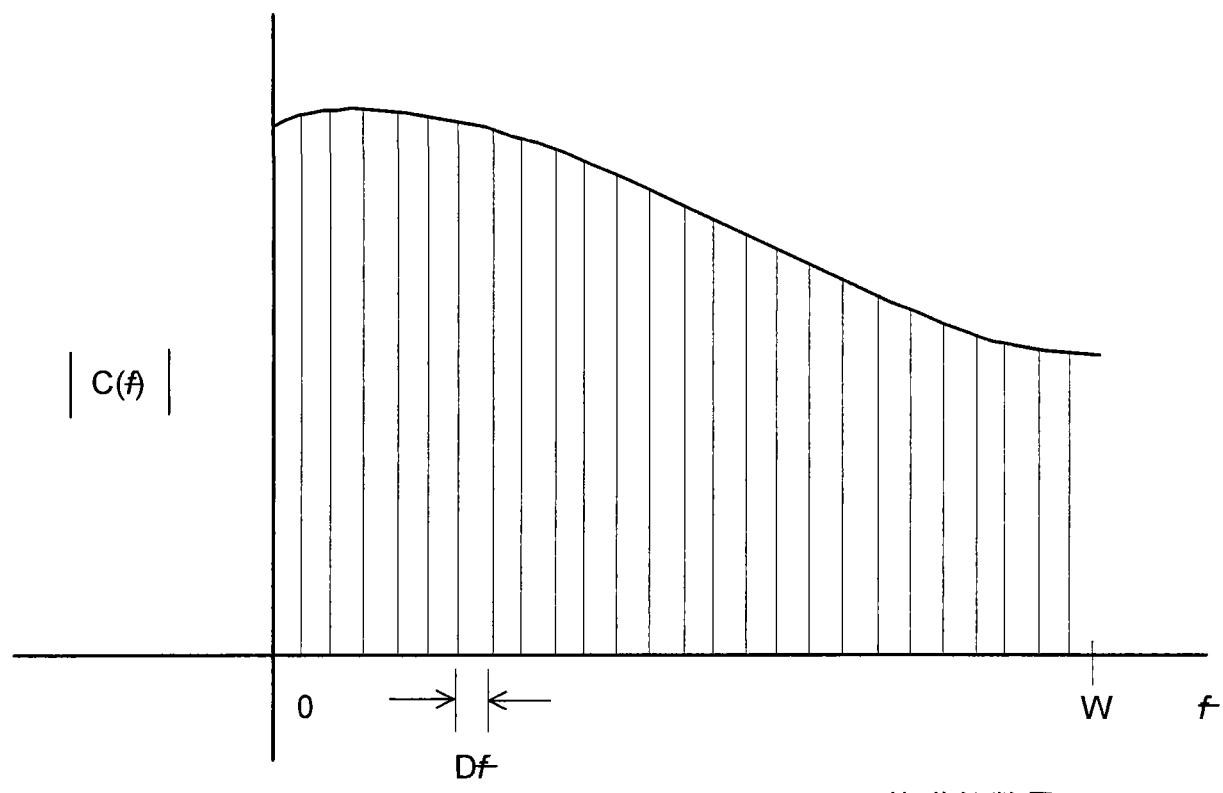


图 1

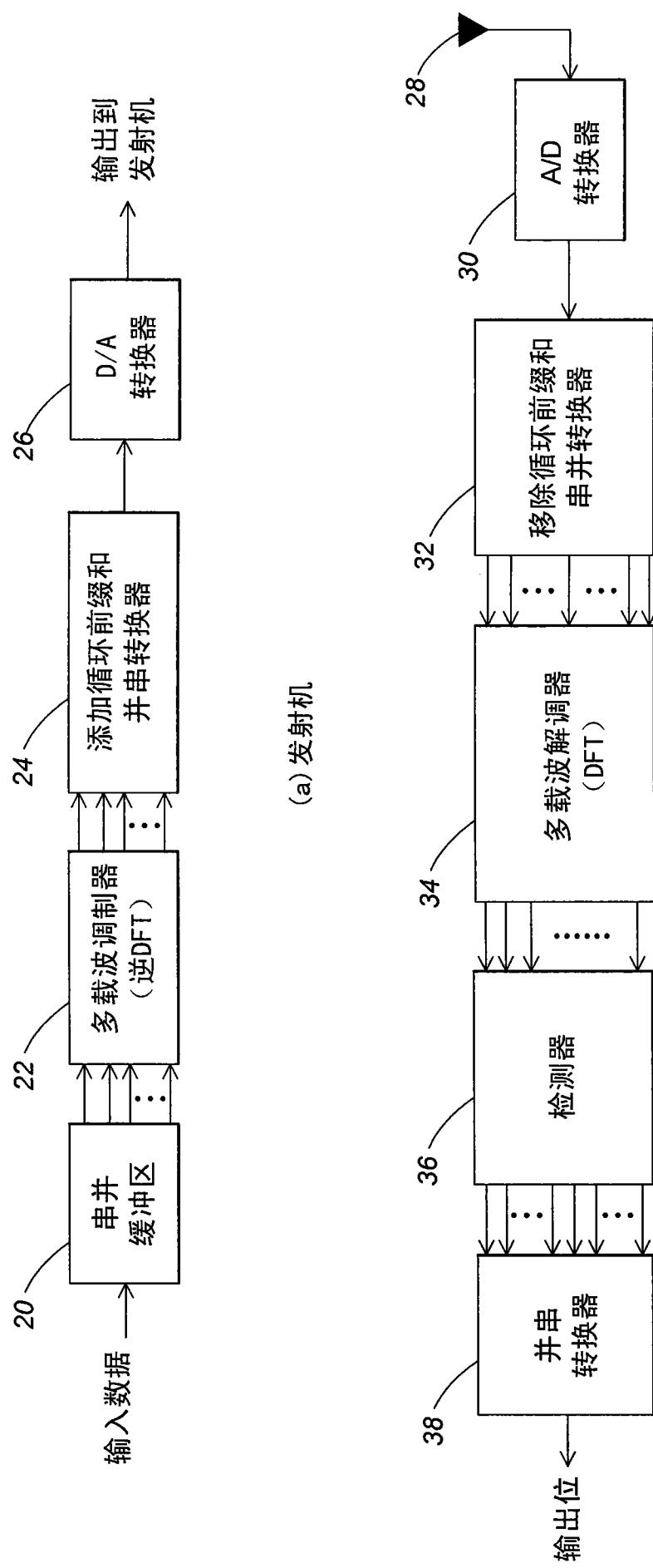


图 2

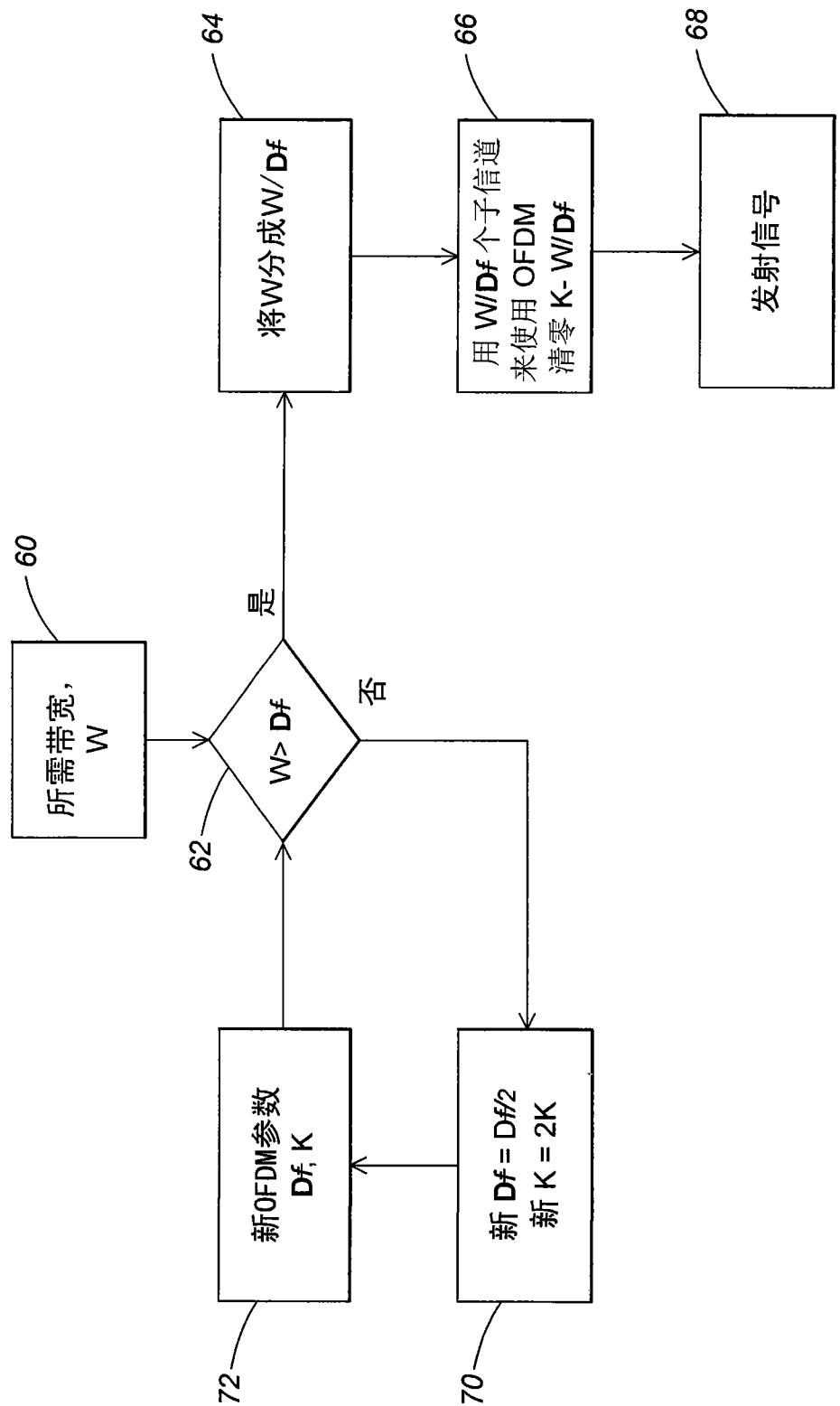


图 3

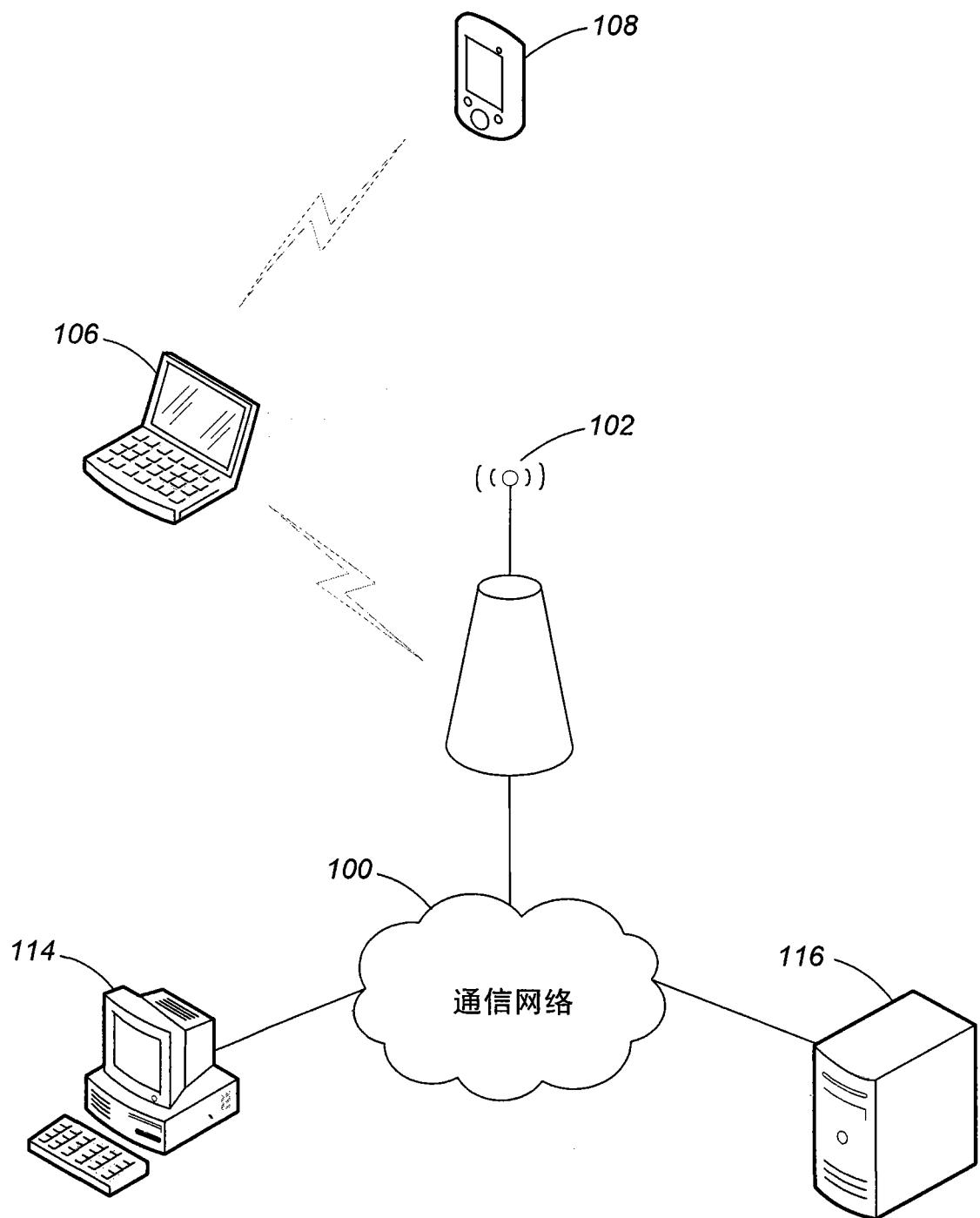


图 4

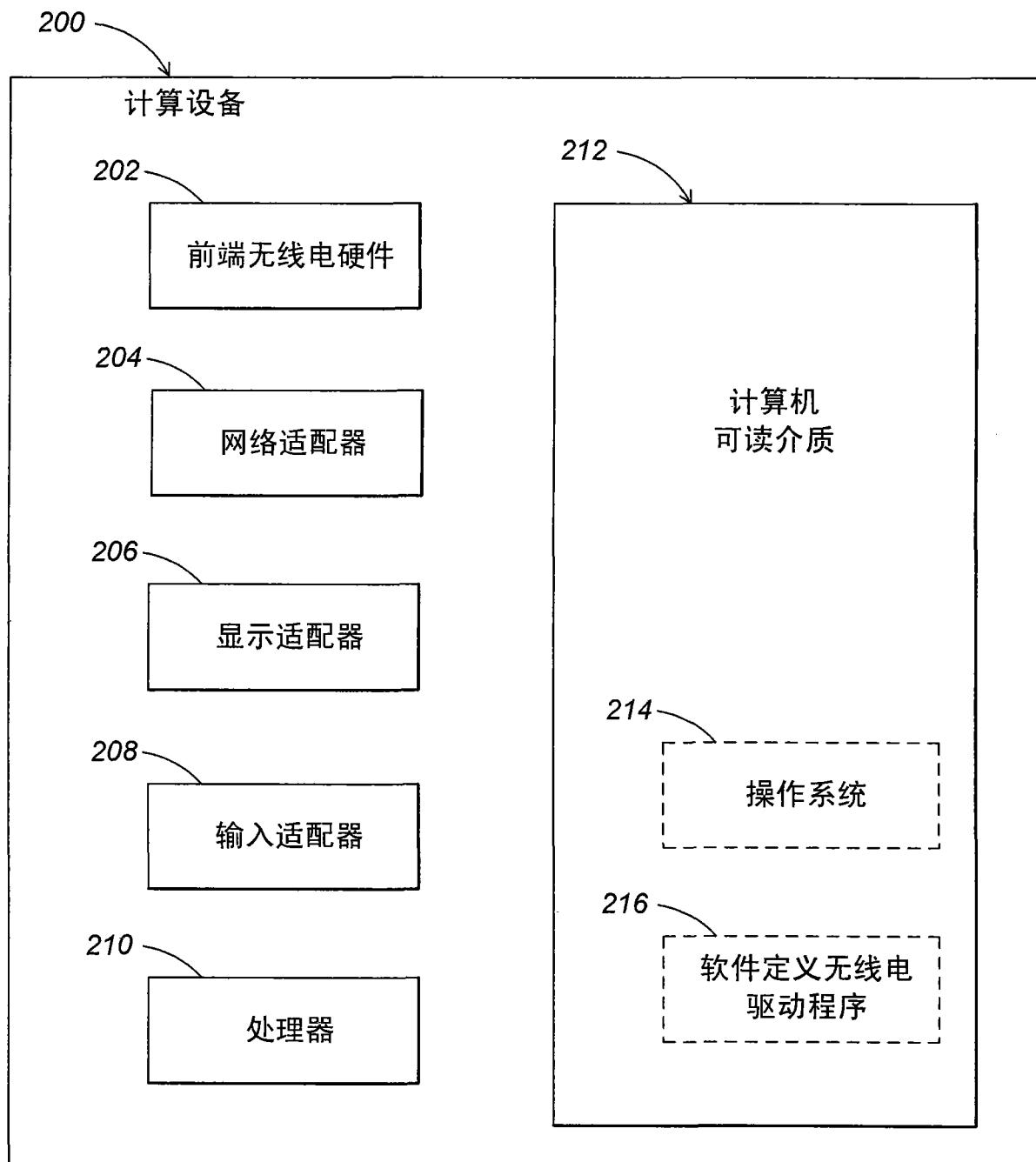


图 5