

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04Q 7/34 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480019522.0

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100442899C

[22] 申请日 2004. 6. 30

[21] 申请号 200480019522.0

[30] 优先权

[32] 2003. 7. 8 [33] GB [31] 0315931.6

[86] 国际申请 PCT/IB2004/002178 2004. 6. 30

[87] 国际公布 WO2005/004513 英 2005. 1. 13

[85] 进入国家阶段日期 2006. 1. 9

[73] 专利权人 NXP 股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 D·R·伊斯科特

[56] 参考文献

CN1372388A 2002. 10. 2

US2002/0067743A1 2002. 6. 6

US5732213A 1998. 3. 24

WO00/51380A1 2000. 8. 31

审查员 孙国辉

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 王波波

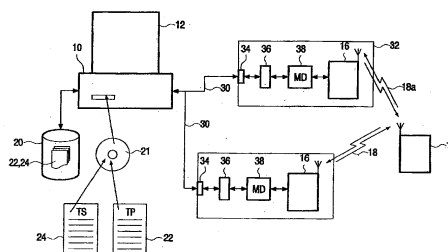
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 7 页

[54] 发明名称

无线电设备测试系统

[57] 摘要

本发明描述了一种用于测试无线电设备(16)的无线电软件栈(40)的测试系统。所述系统包括测试控制装置(10)和连接到所述无线电设备的干扰装置(38)。所述干扰装置能够干扰、并且随后监视无线电栈操作。所述干扰装置还可以直接改变途经所述软件栈的无线电消息中的数据。在本发明的另一方面,描述了一种分布式测试系统,其能够模拟各种各样的环境和现实世界情形,以便对于应用允许对设计中的软件栈进行彻底的测试。



1. 一种无线电设备测试系统，包括：

至少一个具有软件无线电栈（40）的无线电设备（16），所述无线电栈（40）包括多个逻辑层，通过所述软件无线电栈，根据预定无线电协议来处理包括数据的无线电消息；和

用于经由其间的链路（30）来控制与监视对所述至少一个无线电设备的测试的测试控制装置（10），

其特征在于还包括：

链接到所述软件无线电栈（40）与所述控制装置的栈干扰装置（38），在所述测试控制装置的控制下，所述栈干扰装置改变途经所述软件无线电栈（40）的层的无线电消息的数据。

2. 根据权利要求1的测试系统，其中所述栈干扰装置（38）链接到所述软件无线电栈（40）中的至少其中一个所述层。

3. 根据权利要求1或2的测试系统，还包括用于接收来自所述测试控制装置（10）与栈干扰装置（38）的测试数据并且将所述测试数据存储在中央数据文件中的存储装置（20）。

4. 根据权利要求1的测试系统，还包括用于截取空中无线电消息并且经由其间的链路把所述消息数据提供到所述测试控制装置的无线电消息监视装置（84）。

5. 根据权利要求1的测试系统，其中所述测试与控制装置包括一个受服务器计算机（70）控制的分布式客户计算机（72，74，76）系统，每个客户机链接（30）到至少一个无线电设备（16）与对应的栈干扰装置（38），链接到所述客户机的所述无线电设备由此形成一个无线网络，其中所述服务器计算机适用于同步并且控制对所述无线网络的干扰、测试与监视。

6. 根据权利要求4或5的测试系统，还包括一个用于向待测无线电设备供电的可中断电源（80）。

7. 根据权利要求6的测试系统，其中所述电源是在所述无线电监视装置与所述服务器计算机（70）的控制下可中断的。

8. 根据权利要求1的测试系统,还包括用于自动地分析存储在所述中央数据文件中的所述数据的分析装置(86)。

9. 一种在测试系统中测试无线电设备(16)的方法,所述测试系统包括具有软件无线电栈的至少一个无线电设备、用于经由其间的链路控制与监视对所述至少一个无线电设备的测试的测试控制装置(10,70)以及链接到所述软件无线电栈与所述控制装置的栈干扰装置(38),其中通过所述软件无线电栈来根据预定无线电协议处理包含数据的无线电消息(46),所述方法包括:

在所述测试控制装置的控制下,所述干扰装置改变途经所述软件无线电栈的层的无线电消息的数据;和

把响应数据从所述软件无线电栈提供给所述测试控制装置。

10. 根据权利要求9的方法,还包括分析所述响应数据。

11. 根据权利要求10的方法,其中空中无线电消息是由无线电消息监视装置(84)监视的,并且所述空中无线电消息还被提供给所述测试控制装置以用于与所述软件无线电栈响应数据一起进行分析。

12. 根据权利要求10的方法,其中由一个可中断电源提供给所述无线电设备的电力是在无线电消息监视装置(84)的控制下可中断的。

无线电设备测试系统

本发明涉及一种用于测试无线电设备和无线电设备软件栈操作的测试系统。本发明还涉及适合于干扰或者修改这种栈的操作并且监视和分析这种干扰的影响的软件栈干扰装置和测试技术。本发明特别应用于对所述数字无线电协议软件栈和它们的栈中的层到层性能与在无线电网络中的无线性能的测试、开发和分析。

数字无线电标准使得在其中提供了采用所述标准的无线电装置的设备之间具有互操作性。这种在设备之间提供无线接口的无线电标准的众所周知的例子包括“Bluetooth™（蓝牙）”、IEEE802.11标准系列（例如“WiFi™”）以及被称为“ZigBee™”的新兴的低功率低数据速率标准。在编写的时候，ZigBee正处在由IEEE802.15.4标准组和ZigBee联盟公司组二者认可的过程中。其它标准包括通常称为“GSM”的众所周知的移动电话标准以及其它新兴的“3G”电话标准。

这种标准典型地利用类似于OSI层模型的方式来描述，该OSI层模型依据执行不同功能的层栈和正在通过所述栈的数据消息上的业务而定义了通信标准。软件应用代码通常被称为在所述栈中的最高层。举例来说，比方说指定一对无线电设备用于在灯开关与电灯中的应用。所述应用层代码可以监视灯开关的位置，在用户引发该位置的改变时，所述应用层记录所述改变，并且在无线电消息中传送一个数据位或者字节，以使用信号向下一个“网络”或者“链路”层通知所述改变。

在这个网络层中的代码可以检索与所述开关先前成对的所述电灯的无线电地址，以及把所述地址插入到所述消息中的字段里。所述消息然后被传送到介质访问控制（MAC）层上，该层也许加密所述消息，最后物理层（PHY）接收所述消息，所述无线电设备的基带和收发机电路无线地发送所述消息。

在所述电灯中进行监听的成对的无线电设备然后可以在物理层上接收所述消息，所述消息被向上传送通过所述MAC与网络层，直到最后所述电灯应用层接收有效载荷数据并且打开该电灯，其中所述网络

层解密、检验所述消息源地址等等。

因此，这种无线电栈有效地产生、格式化以及操作用于发送的消息或者所接收的消息。无线电标准文献可以多达好几百页，以描述所述各层的业务、功能与可选功能。

对正在开发中的这种无线电栈的操作的测试因此不是无关轻重的，特别是当所述无线电装置可以在多种物理和逻辑的微微网、网络或者散射网（scatternet）配置内采用时更是如此。

TektronixTM 销售一种用于测试能够使用 BluetoothTM 的无线电设备的设备（BPA100 蓝牙协议分析器）。所述 BPA100 蓝牙协议分析器包括协议分析器软件和空中探头（Air Probe），该空中探头容纳有允许蓝牙的基带控制器。所述空气探头连接到基于 WindowsTM 的个人电脑。所述 BPA100 可以独立地并且无干扰地截取基带无线电通信量，以及记录（log）、解码并且分析所发送与接收的分组数据。其可以参与微微网、引入故意的差错并且充当已知的参考设备。诸如来自 Mobiwave PTE Ltd（新加坡）的 BPA-D10 的类似的空气或分组“嗅探（sniffing）”与记录设备也是已知的。

虽然上述的系统可以显示所截取的有效载荷数据，但是在栈操作或者层函数中的差错只能由操作所述测试设备的人来推断。在实际生活环境中，无线电干扰与屏蔽可能把随机比特引入到消息里，从而以无法容易地模拟的方式破坏所述消息。此外，尽管所述无线电标准可以被设计成以特定方式处理差错，但是很难验证如所涉及的那样发生所述处理。

因此，希望提供一种使开发者能在低级别下直接影响或者干扰无线电栈层或者其中的数据、以便允许经改进的彻底测试的测试系统。另外，在无线电消息传送通过一个栈时，如果能够监视该消息的演变则是有利的，从而能够更有效地进行调试以及准确定位栈层差错。

因此，根据本发明的第一方面，提供了一种无线电设备测试系统，该系统包括：至少一个具有软件无线电栈的无线电设备，通过所述软件无线电栈，根据预定的无线电协议来处理包括有效载荷数据的无线电消息；以及用于经由其间的链路来控制与监视对所述至少一个无线电设备的测试的测试控制装置。其特征在于提供了链接到所述栈与所

述控制装置的栈干扰装置，在所述测试控制装置的控制下，所述栈干扰装置干扰所述无线电栈处理的一个方面。

在一个优选实施例中，所述系统提供了具有耦合到一个设备的无线电栈的软件代码消息调度器（dispatcher）模块的形式的栈干扰装置。所述调度器与无线电设备经由串行端口和电缆链接到具有个人计算机（PC）的形式的所述测试控制装置，该个人计算机已经配备有脚本化的测试指令。所述消息调度器具有到各栈层中的钩点（hook），其经由所述钩点监视所述各层并且把数据传送回所述测试与控制PC。

所述调度器还根据正在执行的测试来干扰所述栈的操作的各个方面。例如，对所述MAC层的呼叫可能导致所述层改变一个比特，该比特表示对于正在通信的无线电设备的网络或者微微网是否允许加密。在一个主/从配置的网络测试中，正在接收未加密消息的主设备的响应可以由其消息调度器记录，并且被提供给存储器以用于以后分析。

优选地，在所述系统中包括具有用于监视空中（over the air）消息的嗅探器的形式的无线电消息监视装置，其允许设计者将包括无线消息内容的测试结果与由无线电设备消息调度器提供的受干扰内容进行相关。例如，测试可以包括干扰主设备的网络标识符以及突然从其网络孤立的从属无线电设备的响应，并且空中的消息和栈中的消息都可以被记录与分析。

有利地，在另一个实施例中，无线电设备可以是以极限范围（例如对于 ZigBee 无线电标准来说是 50m）物理上分开的。在这种实施例中，所述测试与控制装置包括一个服务器-客户端 PC 网络，该网络经由简单网络时间协议（SNTP）而同步。因此，一个服务器控制器可以在一个较广区域内启动同步的测试，而来自干扰装置的数据被提供给中央数据文件以用于以后分析。该实施例允许在与现实世界环境接近得多的情况下进行测试，其中各设备的位置被墙壁、天花板、家具等分隔在一个较大区域中。

在所附权利要求书中进一步描述了这些和其它特征，现在请参看所附权利要求书。

现在将仅以举例的方式参照附图来描述本发明，其中：

- 图 1 示出了现有技术的测试系统；
- 图 2 是根据本发明一个方面的测试系统的图示；
- 图 3A 与 3B 示出了具有软件栈的无线电设备与无线电消息的各方面；
- 图 4 相对于所述软件栈的状态图示出了干扰装置的操作；
- 图 5A 与 5B 示出了所述干扰装置的替换结构；
- 图 6 示出了由测试系统操作的测试序列的例子；和
- 图 7 示出了分布式测试系统的实施例。

应当注意到，所述附图是示意性的而不是按比例绘制的。为了清楚和方便起见，这些附图的部件的相对尺寸与比例被放大或者缩小地示出。在经修改的与不同的实施例中，相同的附图标记通常用于指代相应的或者类似的特征。

图 1 是现有技术测试系统的图示。所述测试系统包括一个与监视器 12 为一体的个人计算机 10，该个人计算机 10 连接到一个协议分析器设备 14，该协议分析器设备 14 可以经由无线电消息 18 与其它无线电设备 16 通信。所述无线电设备 16 与所述协议分析器 14 一起形成了一个由所述协议分析器 14 与测试计算机 10 一起测试的无线网络。协议分析器 14 的一个例子是由 TextronixTM 制造 BPA100，其用于蓝牙协议分析和测试。所述协议分析器 BPA100 是一个测试工具，其可以无干扰地并且独立地截取基带通信量，以及记录、解码和分析所发送和接收的分组数据。因此，图 1 的现有技术系统允许无线地进行分析。

图 2 示出了根据本发明一个方面制造的测试系统，其中允许层间与栈间调试与分析。所述测试系统包括一个个人计算机 10 与一个用于显示输出的显示器 12。所述计算机 10 连接到用于存储测试程序 22 和在程序载体 21 上提供的测试脚本 24 的存储器 20（在图中显示为外部存储器，所属领域技术人员将理解，该存储器可以位于计算机 10 的内部）。所述载体在图中是以光盘（CD_ROM）的形式示出的，但应当容易地理解，所述程序载体可以具体实现为磁存储器（例如软盘）、非易失性外部存储器（例如闪速存储器“keyring”或者“dongle”）或者实现为可通过网络或因特网下载而获得的对程序指令进行编码的信号。

所述计算机 10 具有一个接口 28，其允许经由测试板接口 34 到外部测试板 32 的电缆链路 30。接口 28、链路 30 与所述测试板 34 上的接口 34 可以是以 19,200kb 每秒运行的标准串行类型。可选地，所述链路 30 与接口 28、34 可以遵守通用串行总线标准 (USB)。所述测试板 32 包括一个连接到所述串行接口 34 的串行化器 36。所述串行化器包括缓冲存储器，其经由所述链路 30 接收来自所述测试程序 22 与测试脚本 24 的控制数据与指令，并且缓冲所述数据与命令，以便将其传递到具有消息调度器模块 38 的形式的干扰装置。

所述消息调度器模块 38 向安装在所述测试板 32 上的无线电设备 16 提供所接收的测试数据与命令。图 2 中还示出了简单地参与待测无线电网络的无线电设备 16。所述网络包括安装在测试板 32 上的无线电设备 16 和未安装的无线电设备 16。在操作中，所述设备 16 之间的无线电消息 18 可以由所述消息调度器模块 38 干扰。因此在所述框图中，无线电信号 18a 包括受干扰的或已修改的无线电消息，然而在图 2 中示出的操作瞬间，所述无线电信号 18 未受任何干扰或修改。

现在转到无线电设备本身的结构。图 3A 示出了典型的无线电设备 16。所述设备 16 包括一个连接到收发机 16b、微控制器 16c 与存储器装置 16d 的天线 16a。所述存储器 16d 存储一个软件无线电栈 40，其包括物理层 41 (PHY) 以及后面的媒体访问控制层 42 (MAC)、网络层 43 (NWK) 与应用层 44 (AC)。对作为层的栈的无线电标准或协议的叙述对所属领域技术人员来说是众所周知的，因为其遵循用于描述这种无线电标准的 OSI 方法。

图 3B 示出了由根据所述无线电栈与协议规则 40 操作的无线电设备 16 产生的无线电消息。所述无线电消息 46 通常包括多个报头字段 48、数据字段 50 与校验和字段 52。在操作中，数字无线电设备在物理层 41 接收无线电消息 46。包括所述物理层 41 的软件对与其有关的、并且如在所述无线电标准中定义的所述消息的多个字段进行操作。例如在所述消息的部分 48 中的第一报头字段可以由物理层剥离，然后被传送到包括媒体访问控制层 42 的软件。所述消息受到每层的作用，并且被传送到下一层，直到其最后到达应用层 44，该层包括例如可以包含打开/关闭灯泡的应用代码。字段 50 中的有效负荷数据是以这种方式被提供给应用层 44 的，所述应用层然后对所述数据进行操作。包括上

述各层的数字无线电标准的例子是称为 IEEE 802.15.4 的标准，其目前由所述 Zigbee 联盟公司集团标准化。所述 Zigbee 无线电协议被设计为用于低功率、低带宽的应用，诸如照明、仪器使用与家庭控制。通常称为 Bluetooth™ 的无线电协议与标准以类似方式被配置，其中软件无线电栈 40 配备有代替网络层 43 的逻辑链路层。

这种无线电协议或者无线电标准的开发需要有许多测试与调试，以确保在无线电设备中提供的软件栈符合由有关标准组织或团体（例如所述 Zigbee 联盟）所定义的规范。例如网络层操作的复杂的调试与测试以及无线网络对错误事件做出响应的方式不是无足轻重的。图 2 的系统允许数据被直接输入到所述无线电栈的一层的函数（其可以表示所述无线电栈标准的状态机模型中的一个状态）中，从而暗中干扰、修改或扰乱所述无线电栈的操作。可以观察到设备 16 在接收消息时的响应，该消息例如可以具有在保留给源地址的字段 48 中的源地址数据，其中所述源地址数据与由所述无线电标准规定的规则不兼容。这是在所述测试系统中通过合并所述消息调度器 38 而实现的，所述消息调度器受测试计算机 10 的控制，用于确定什么时候以及将什么内容直接输入到待测无线电设备 16 的栈。图 4 更详细地示出了所述消息调度器模块的操作与功能。

在图 4 中，所述软件栈的操作的一部分通过为所属领域技术人员所熟知的状态机框图而示出。其中所述物理层可能根据所述无线电标准而具有的多个状态（S1, S1.1, S2）被表示为第一状态 S1 52、第二状态 S1.1 54、第三状态 S1.2 56 等等。所述状态 S1.3 58 被显示为输入到所述 MAC 层 42 的状态 S2 60，并且表示通过所述栈将消息从物理（PHY）层向上传输到 MAC 层。所述 MAC 层然后可以对该消息进行操作，以产生第二状态 S2.1 62。在这个实施例中的消息调度器 38 是一种软件模块，其知晓根据所述无线电标准的所述状态以及它们的相关函数调用与参数。所述消息调度器因此可以把附图中显示为“DP_in”的数据输入到状态 1（S1），同时监视具有栈响应数据“DP_out”的形式的状态 1 的输出。例如，所述物理层一旦接收到无线电消息就可以应用的第一操作可以是检查所述消息的长度。所述消息调度器 38 可以干扰这种检查，例如通过把所述消息的字段中的“LEN”数据改变为帧外（out of frame）（对于待测无线电标准来说）数字，由此测试

与状态 1 和状态 1.2 有关的各函数的操作。

而且，如果所述软件栈的开发商同时在开发无线电设备的最终预定应用的应用代码，则所述消息调度器 38 可以具有到所述 MAC 层 42、网络 (NWK) 层 43、甚至应用 (APP) 层 44 中的钩点和/或调用。消息调度器 38 还包括经由链路 30 到测试计算机 10 的连接，以接收对应于到所述栈的输入 “DP_in” 的数据，以及把中间数据 “DP_out” 从所述栈 40 输出到测试计算机 10。

图 5A 与 5B 示出了对于具有软件消息调度器形式的干扰装置的替换实施例。

图 5A 示出了存储在待测无线电设备 16 的存储器 16' 中的消息调度器 (MD) 38。因此在这个实施例中，所述软件栈的开发商还在该存储器中包括一个消息调度器软件模块，该模块经由链路 30 向/从所述软件栈 (SS) 传送数据。因此在这种情况下，所述无线电设备 16 实际上是一个用于测试的经修改的设备，其在所述框图中被显示为 16'。

图 5B 示出了标准的无线电设备 16 与具体实现为可编程微控制器 (MC) 的干扰装置 38，其例如是由众所周知的 8051 微控制器或者 8051 系列微控制器所提供的。所述微控制器存储用于向/从所述无线电设备 16 的软件栈调度消息的程序指令。

为了驱动图 2 的测试系统，采用以下的测试程序。在所述测试程序的第一阶段中，编写一个测试脚本 (TS)。所述测试脚本向测试计算机 10 通知各个无线电消息、它们的数据内容以及将要发出所述消息的时间。在完成所述测试脚本 24 的开发之后，将待测设备 16 的每个实例安装在对应的测试板 32 上，并且初始化。

依据所述测试脚本是如何构建的，所述测试将自动开始或者要求来自测试计算机 10 处的用户的启动动作。一旦启动，测试计算机 10 根据用于到所述消息调度器的输入的脚本而经由链路 30 向消息调度器 38 提供原语消息。软件栈 40 的内部消息响应 (DP_out) 由其对应的消息调度器 38 记录，并且被提供回到测试计算机 10，所述测试计算机然后把所提供的数据存储在存储器 20 中用于以后的分析与显示。当然，所属领域技术人员将认识到，所述测试程序 22 可以通过在显示器 12 上以适当格式显示所述消息及其内容而实时表示正在从消息调度器 38 接收的数据。

图 2 的消息调度器与系统可以应用的示例测试包括干扰或修改消息中的网络地址，以及观察无线电设备在接收包含所述未知地址的所述消息时的响应。包括无线电设备 16 的多于一个的无线网络可以由所述开发测试器创建，以及可以分析诸如干扰的影响或者简单地监视当待测网络接收到消息时是否忽略针对另一个网络的消息。

图 6 示出了通常的图 2 的系统的操作。在步骤 90 (TI(DP_in)) 中，测试计算机 10 从测试脚本 24 中检索测试指令以及相关数据 (DP_in)，并且将所述指令和数据经由链路 30 提供给串行化器缓冲器 36，该串行化器缓冲器 36 又在步骤 92 (MD(DP_in)) 中将所述测试指令和数据提供给消息调度器模块 38。所述消息调度器把这种数据馈送到所述栈 40 中，一个栈操作 (SO) 在步骤 94 中发生，其改变所述栈 40 的状态 52、54。与所述栈中的这个改变相关的响应数据随后由所述消息调度器作为在步骤 96 (MD(DP_out)) 中反映的“DP_out”数据接收。

所述消息调度器模块然后在步骤 98 (TC(DP_out)) 中把所检索的数据 (DP_out) 经由链路 30 提供到所述测试与控制计算机 10。所述数据然后在步骤 100 被存储在存储器 20 中，以及以后在步骤 102 (ANAL) 被分析。因此，在层间或者层内的栈操作可以由所述消息调度器监视，以及涉及这些层与所述栈的函数调用的信息可以被提供回到所述测试计算机以用于以后的分析。

图 7 中示出了一个可选的分布式系统实施例。所述系统包括具有服务器计算机 70 (SV) 形式的测试控制装置，所述服务器计算机 70 在网络上经由网络链路 71 连接到客户控制计算机 (C) 72、74 与 76。所述服务器计算机 70 可以访问用于存储测试脚本与启动测试序列的测试程序的存储器 20。在这个实施例中，每个客户计算机 72、74、76 由串行链路 30 连接到各自的测试板 32。所述测试板在其上已经安装有先前描述的无线电设备 16 与消息调度器模块 38。所述测试板可以有利地在物理上分开到无线电标准中所指出的最大距离以用于操作。

例如，在计算机 72 和测试计算机 74 与它们各自连接的测试板 32 之间的间隔距离 R1 对于所述 Zigbee 标准可以是约 50 米。分隔与客户测试计算机 74 与 76 相关的测试板的距离 R2 可以较小 (例如 20 米)，但是可能有分隔这种所述测试板的诸如墙之类的物理物体。因此，所述网络或者分布式测试系统允许较广的测试范围与各种真实生活参

数，诸如可能在无线电栈与无线电网络操作方面影响所要测试的无线电干扰与其它影响的家具。

在所述实施例中还提供了—个可中断的联合电源（PS）80，其经由电源线78向测试板32供电。所述可中断的联合电源80是由具有分组分析器或者探听器或嗅探器84（SN）形式的无线电消息监视装置控制的。所述嗅探器的—个适当的实施例包括具有 Zigbee 无线电模块16的计算机，其被编程为被动地监视、截取以及记录基带无线电通信量。所述嗅探器84由网络电缆71提供到控制并同步整个测试处理的服务器计算机70的网络连接。在所述实施例中，在计算机72、74、76之间测试的同步是由服务器计算机70使用所述简单网络时间协议（SNTP）控制的，所述简单网络时间协议是在计算机网络领域的技术人员所公知的TCP/IP网络协议中规定的。

在所述实施例中，所述服务器每秒—次架杆（pole）所述客户计算机72、74、76，以便同步所述计算机的内部时钟。因此，所述测试脚本24可以在规定时间在所述分布式网络上确保时间初始化与后续的消息调度。而且，在所述服务器计算机70的控制下，所述嗅探器84可以监视在由设备16形成的无线网络中的“空中”无线电通信，以及把所述数据提供回到所述服务器计算机70，以用于存储在存储器20中所存储的中央数据文件中。另外，所述联合电源80可以受所述嗅探器计算机84的控制，服务器计算机70中断向参与所述网络的—个或多个测试板的供电并且监视那些仍然通电的无线电设备的响应。

因此，可以模拟设备从网络孤立的情况，以及可以包括由所述嗅探器84提供的空中无线电通信量，以用于与来自由其各自消息调度器38提供的设备的软件栈的内部数据—起进行分析。所述空中数据（OAD）在图6中的步骤99示出，其被提供给具有服务器70形式的所述测试控制装置以进行存储（步骤100），以及用于由分析计算机86（AC）以后进行分析（步骤102）。

所述计算机测试脚本24允许编写适当的分析测试脚本，因为所述测试的设计者在知道所述无线电标准的情况下还可以描述—个自动分析脚本，以用于根据所述脚本化的测试目的来分析数据。例如，如果消息应该从设备16被发送到确认该消息中的数据并且随后操作所述数据的另—个设备16，那么所述分析计算机可以察看存储器20中的集中

存储的数据（包括空中数据与栈数据），以及向所述测试器提供图形提示形式的简单分析，以表明在所述测试中的各个关键步骤的成功或者失败。

在上述内容中描述了一个包括测试控制装置与干扰装置的测试系统。所述干扰装置允许对无线电栈操作进行干扰以及随后进行监视。所述干扰装置可以具体实现为包括描述无线电栈状态机的代码的消息调度器程序代码模块。所述代码模块可以被嵌入在测试板中的微处理器或者微控制器中，或者可以直接被嵌入在待测无线电设备的微控制器中，所述测试板具有到安装于其上的无线电设备的链路。在一种方法中，来自测试脚本/测试计算机的数据被传送到干扰模块，该干扰模块访问待测无线电栈、干扰栈操作以及检索任何响应数据以提供给所述测试计算机以用于以后分析。

在本发明的另一方面，描述了一种分布式测试系统，其允许模拟多种环境与现实世界情况，从而对于应用允许对设计中的软件栈的彻底测试与调试。

通过阅读所给出的公开内容，其它修改对所属技术领域的专业人员来说是显而易见的。这种修改可以包含在无线电测试系统及其构成部件的设计、制造与使用中已知的其它特征，在不脱离本发明精神与范围的情况下，可以代替在这里已经描述的特征而使用所述其它特征，或者可以同时使用这里已经描述的特征和所述其它特征。

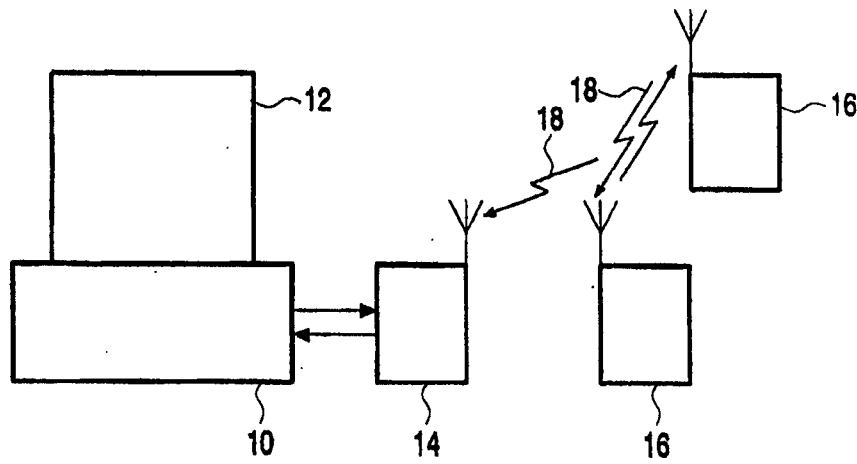


图 1
现有技术

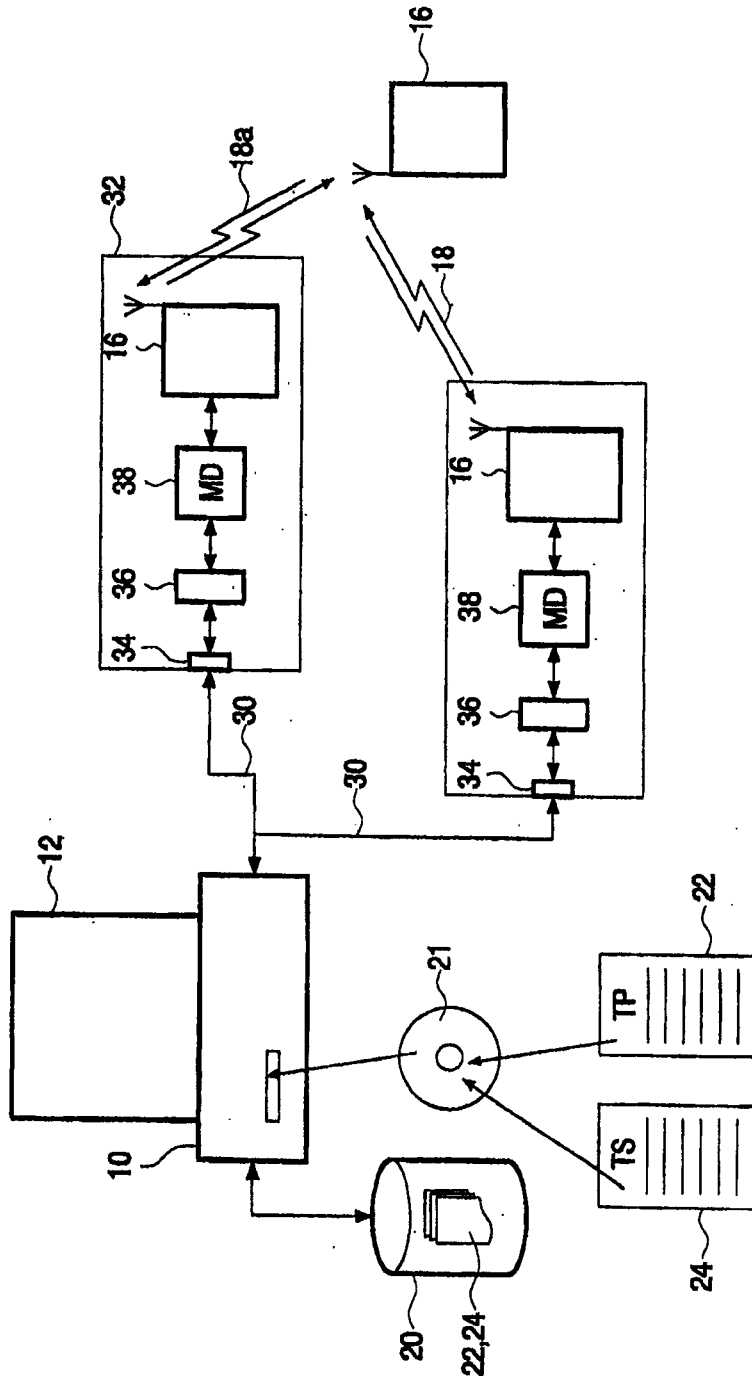


图 2

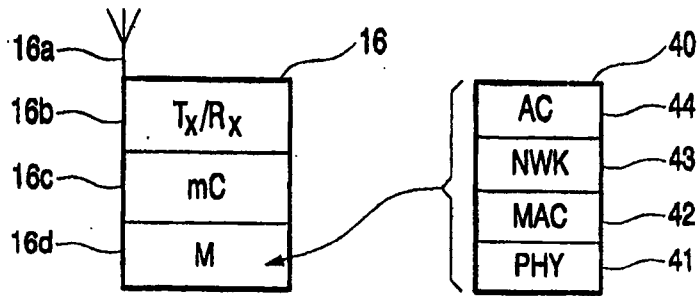


图 3A

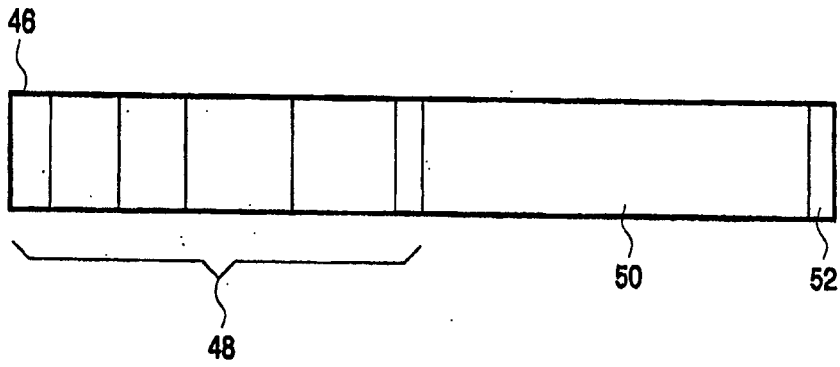


图 3B

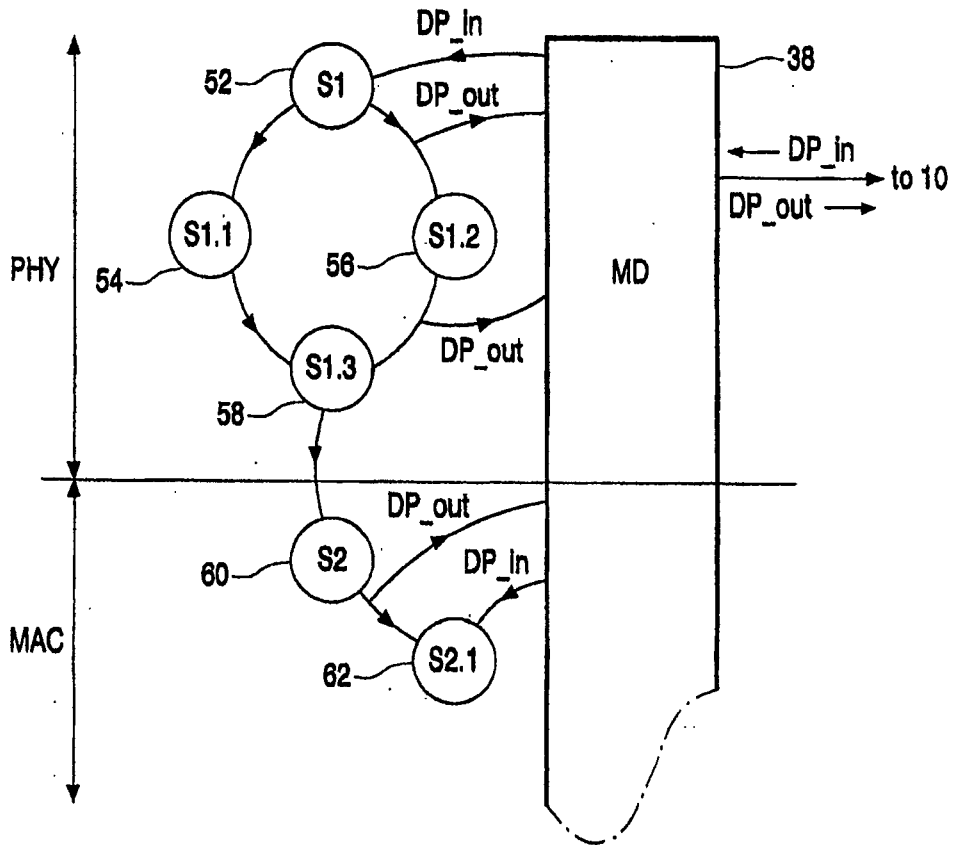


图 4

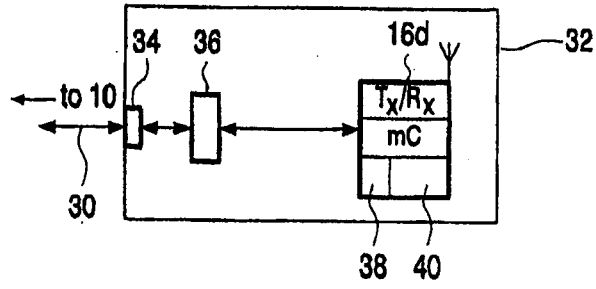


图 5A

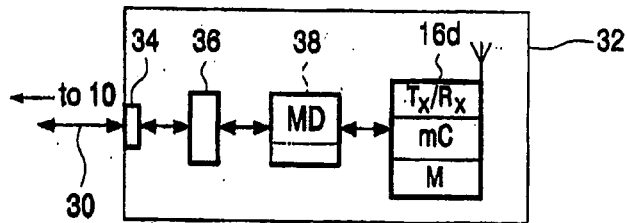


图 5B

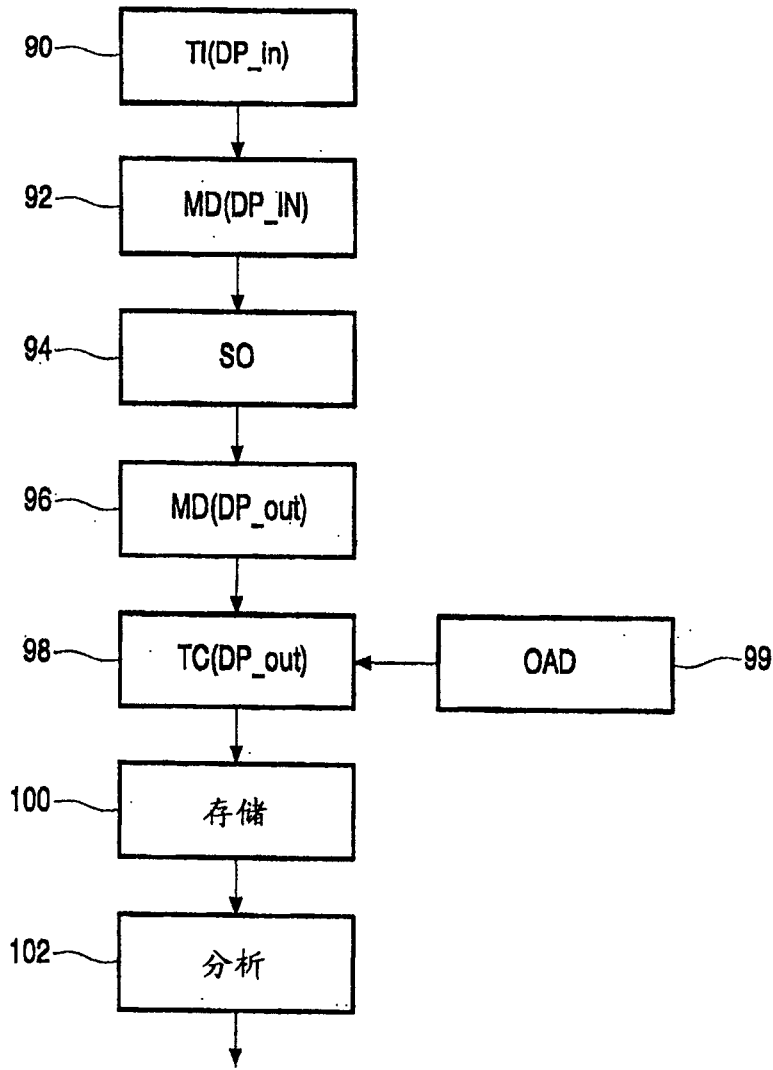


图 6

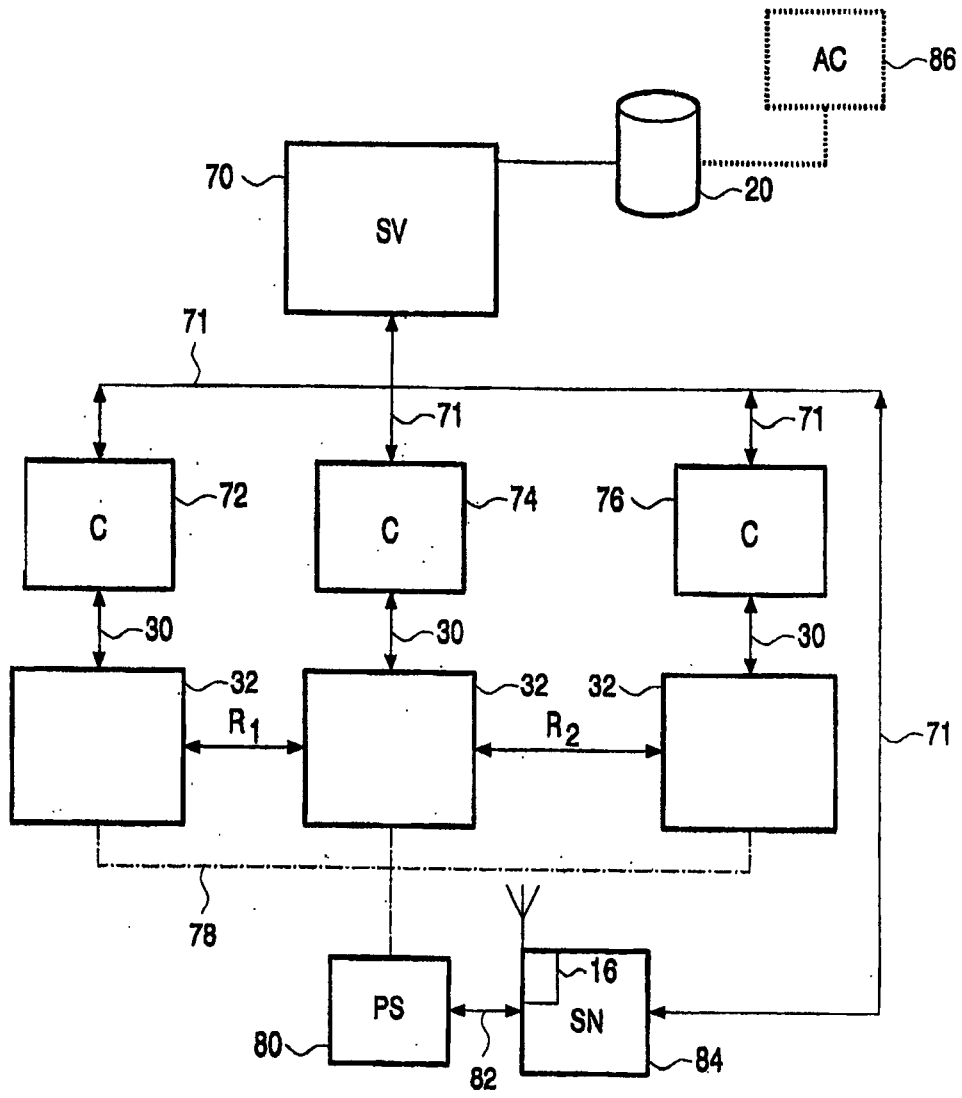


图 7